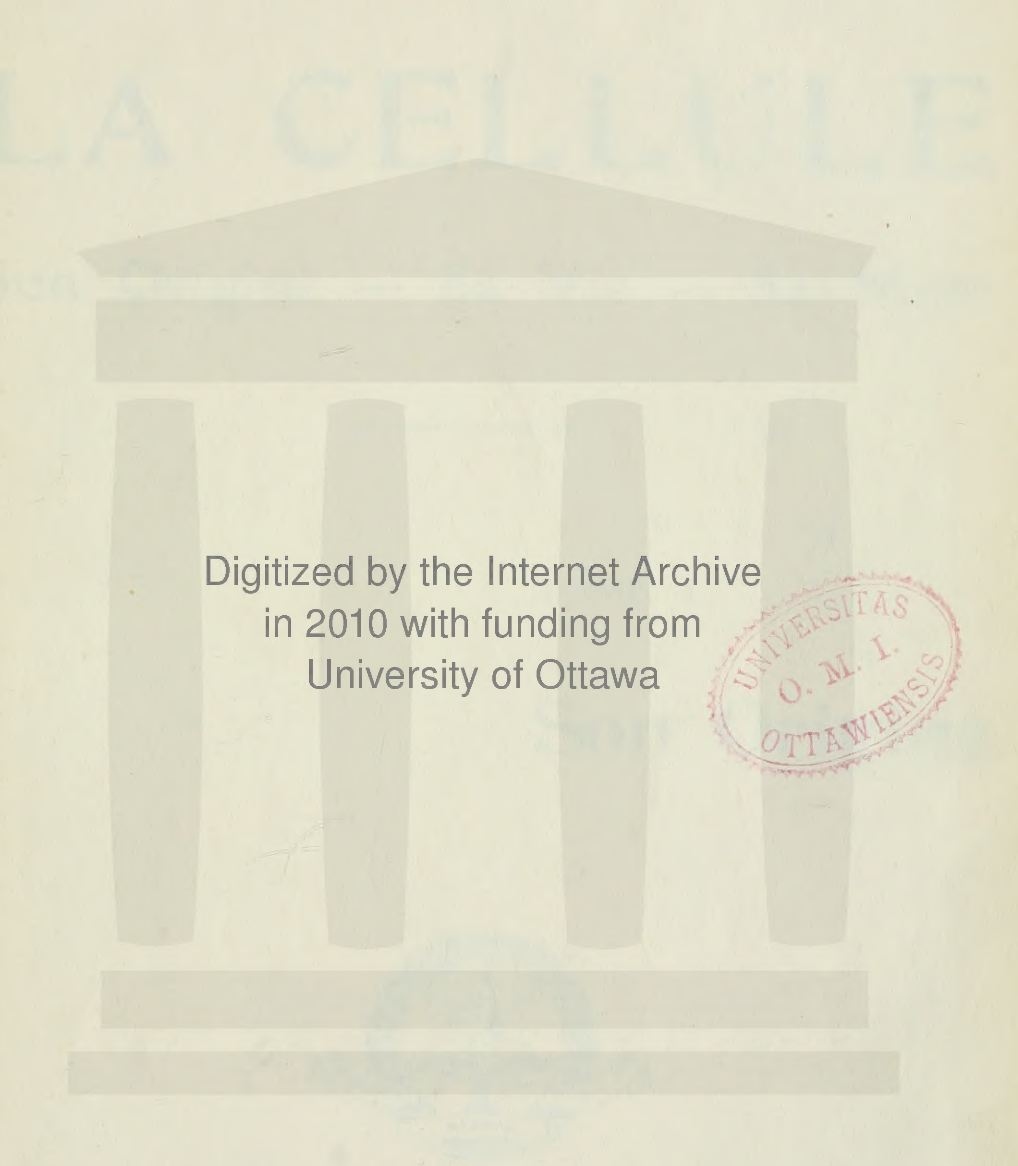

QH
581
.M3
#1
1912



Dr Abbé MAUMUS

Docteur ès-Sciences et Docteur en Médecine de la Faculté de Paris
Lauréat de la Faculté

LA CELLULE

Son Origine -- Sa Vie -- Sa Mort

TOME I

Son Origine





1912

PARIS, 5, RUE BAYARD

Nihil obstat.

Parisiis, die 11 martii 1912.

O. Roland-Gosselin,
can. hon.

IMPRIMATUR

Parisiis, die 11 martii 1912.

P. Fages,
vic. gen.

AVANT-PROPOS

I. — Introduction.

Chez le Protozoaire le plus inférieur, de même que chez le Métazoaire le plus élevé en organisation, toute manifestation vitale, comme aussi tout processus pathologique, a pour base les modifications subies par la cellule et ses dérivés. Elle constitue à elle seule les êtres les plus simples ou êtres unicellulaires et, en se multipliant, elle forme les plus compliqués. Même les éléments qui, chez les uns et les autres, semblent le plus étrangers à sa nature, dérivent d'elle. Ainsi, les capsules, les coquilles, les masses gélatineuses où divers Protozoaires abritent leur corps, de même que la substance fondamentale du cartilage et des os des Métazoaires, la partie liquide de leur sang et les productions cornées de l'épiderme, etc., tout cela n'est que produits cellulaires de natures variées et dont on peut suivre le développement; en sorte que tout ce qui, chez les êtres vivants, ne constitue pas directement la cellule tire toujours son origine de cette dernière. Ce qui paraît tout d'abord en contradiction avec cette conception est le fait qu'elle peut, sous certaines conditions déterminées, être divisée en fragments qui continuent à vivre sans trouble d'une manière durable et peuvent même se reproduire. Mais nous verrons que, dans ce cas, ces fragments détachés ne sont autre chose que des éléments cellulaires.

Il est donc permis de conclure que la cellule est le degré d'individualité le plus simple ou, comme le dit Brücke, « l'organisme élémentaire ».

Les études histo-physiologiques poursuivies avec tant de persévérance depuis quelques années ont fait voir toute l'importance de l'activité cellulaire sur le bon fonctionnement de nos tissus; aussi, conçoit-on sans peine que l'étude de la cellule soit le préliminaire obligé de toute recherche dans le domaine de la biologie générale et que le moindre changement dans la composition de nos tissus ou la moindre variation dans leur activité aient pour point de départ une modification cellulaire. C'est, du reste, le sentiment de tous les anatomo-pathologistes qui, ne se contentant pas d'un examen superficiel des symptômes, essayent de pénétrer plus avant dans l'analyse. Aussi, Virchow a-t-il pu dire avec raison : « Connaître la cellule équivaut à pénétrer dans le secret de la vie normale et pathologique. »

Il n'est peut être pas de question plus troublante que celle de la vie et de la mort. Elle a préoccupé à la fois les philosophes et les physiologistes, les métaphysiciens et les chimistes et, suivant l'aspect sous lequel on envisage la question ou suivant la solution qu'on lui donne, on en retire les conséquences les plus imprévues ou les conclusions les plus fâcheuses. Quant à nous, loin d'avoir la prétention de pénétrer dans le mystère des causes intimes de la vie et de la mort des organismes, nous nous sommes simplement proposé d'écrire un modeste chapitre de biologie générale qui permettra au chercheur désireux de continuer ces études de se rendre compte de l'état actuel de nos connaissances sur l'ensemble des stades parcourus par la cellule comme, du reste, par tout individu.

Quelques auteurs, Verworn, Henneguy, Prenant, Chantemesse et Podwyssotsky, etc., tout en s'occupant de la structure cellulaire, n'ont pas manqué d'observer sa dégénérescence et le retentissement

de ce phénomène dans la pathologie des tissus; d'autres, tels que Hæckel, Herrera, Renaudet, Raphël Dubois, Benedikt, etc., se sont posé le problème de la naissance et de la vie de la cellule. Leurs conclusions, bien que ne dépassant pas le domaine de l'hypothèse, n'en demeurent pas moins des manifestations très suggestives de l'esprit. Nous nous sommes largement inspiré de leurs travaux et les avons souvent mis à contribution, tantôt pour réfuter leurs opinions, et tantôt pour y ajouter le résultat de nos expériences personnelles qui, à défaut d'autre mérite, auront du moins celui d'avoir toujours eu pour objectif le souci de la vérité scientifique. Il faut savoir douter où il faut, a dit Bossuet; mais il faut aussi savoir affirmer où il faut; c'est la ligne de conduite que nous nous sommes imposée au cours de ces recherches, et quelles que soient les conclusions que nous avons cru devoir retirer, nous sommes prêt à les modifier si des arguments nouveaux nous en démontrent l'inexactitude.

II. — Plan de l'ouvrage.

L'histoire de la cellule, comme celle de tout individu, peut se résumer ainsi : elle naît, vit et meurt. C'est ce triple stade que nous nous sommes proposé d'étudier, en faisant appel à l'histologie, à la physiologie et à la chimie biologique.

Mais il nous a paru nécessaire tout d'abord de bien fixer nos idées sur les éléments multiples qui entrent dans sa composition. Il n'est pas douteux, en effet, qu'à chacune des phases de son évolution correspondront des variations de ses éléments constitutifs, et pour tous ceux qui ne voient dans la vie que des phénomènes mécaniques ou physico-chimiques, la succession de nos actes n'est qu'une simple fonction d'une série de changements moléculaires dans l'intérieur du protoplasma.

Depuis déjà quelques années, des travaux très remarquables ont été entrepris sur la cellule : nous nous proposons de les résumer et d'indiquer très rapidement l'état de nos connaissances sur sa constitution. Nous aborderons ensuite la question de l'origine de la cellule.

On a décrit avec force détails les différentes phases de la multiplication cellulaire; mais la question que nous nous sommes posée est tout autre; nous nous sommes demandé, en effet, comment avait dû apparaître la première cellule vivante. L'origine de la cellule une fois établie, il suffira de considérer son évolution, et nous assisterons ainsi à ses manifestations vitales qu'il sera possible de poursuivre jusqu'à ce qu'enfin apparaissent des phénomènes de dégénérescence qui nous conduiront peu à peu jusqu'à sa mort.

En réalité, les cellules que nous examinerons auront toutes subi la série des manipulations histologiques, et on est en droit de se demander si, après leur passage à travers les fixateurs et les alcools, elles conservent encore l'aspect structural qu'elles avaient au moment où elles ont été prélevées.

Grâce à l'examen de cellules vivantes prises à différents stades et par suite des progrès réalisés dans la technique histologique, on peut aujourd'hui répondre affirmativement à la question précédente qui a été si souvent agitée.

En résumé, nous nous proposons d'étudier dans un triple tome quelques-unes des questions que la biologie générale a pu se poser au sujet de la cellule, de son origine, de sa vie et de sa mort, et pour que les recherches y soient plus aisées, nous indiquons dès maintenant le plan que nous nous sommes tracé ainsi que l'objet de chaque fascicule.

Tome I : *La cellule; son origine.*

Tome II : *Sa vie.*

Tome III : *Sa mort.*

Paris, 15 janvier 1912.

PREMIÈRE PARTIE

LA CELLULE

I. — Considérations générales.

En nous inspirant des travaux des maîtres actuels en cytologie, nous avons tout d'abord étudié la cellule et spécialement sa structure, afin de pouvoir lui comparer les productions artificielles imaginées plus récemment, dans l'espoir de trouver dans des réactions physico-chimiques la grave solution de l'origine de la vie.

La cellule a été définie de bien des manières ; mais à ne considérer que les éléments essentiels qui entrent dans sa composition, la meilleure définition, qui est en même temps la plus simple, est peut-être celle que Leydig en a donnée en 1856 : une masse de protoplasma munie d'un noyau. Elle représente l'unité constitutive des êtres vivants, dont les plus élémentaires ne sont formés que d'une seule cellule, tandis que les plus élevés en renferment un nombre très considérable. Sa taille, sa forme, ses fonctions, tout varie en elle et si on veut se faire une idée des différences de taille et de forme, il suffira de comparer le jaune de l'œuf de la poule, qui est une énorme cellule de forme arrondie et mesurant 3 centimètres de diamètre, avec le spermatozoïde d'un Gallinacé, qui est également une cellule transformée et qui ne dépasse jamais 50 μ de longueur.

Toutefois, en règle générale, elles ont, au début surtout, une forme légèrement ovoïde qui, par compression réciproque ou par adaptation à des fonctions particulières, prendra des aspects très variés. C'est ainsi qu'elle deviendra polyédrique dans certains épithéliums, se transformera en fibres dans les muscles, les nerfs, etc., et deviendra tout à fait irrégulière chez les Rhizopodes en raison des prolongements variés qu'ils émettent dans leur portion périphérique.

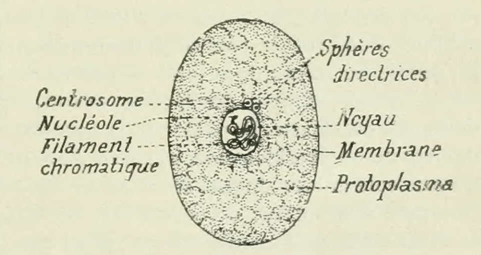
Si, pour les besoins de notre étude, nous prenons une cellule aussi complète que possible et que nous l'examinions au microscope, nous constaterons quatre éléments principaux que nous allons étudier successivement :

1° Une mince membrane protectrice qui l'entoure de toutes parts : la membrane cellulaire ;

2° Un corps ou protoplasma qui constitue la majeure partie de sa masse ;

3° Un noyau, globule sphérique pâle, plus réfringent que le reste, situé dans la région centrale ;

4° Un centrosome, globule plus petit que le précédent que l'on ne voit bien et qui n'entre en activité qu'au moment de la division cellulaire.



Toutefois, avant d'entrer dans les détails de notre étude, nous rappellerons brièvement les faits qui ont peu à peu fixé nos idées sur la structure cellulaire telle que nous la concevons aujourd'hui et dont les détails sont pour la plupart empruntés à Henneguy.

II. — Historique.

C'est au physicien anglais Robert Hooke que revient l'honneur d'avoir observé la cellule pour la première fois en 1665. Examinant au microscope une petite branche de liège, il y vit des cavités qu'il nomma cellules et dont il compara l'assemblage à un gâteau d'abeilles. Mais il ne se douta pas de l'importance de sa découverte et n'en retira aucune conclusion.

Ce ne fut que quelque temps après que Nehemia Grew et Marcello Malpighi saisirent toute la portée de la découverte de Hooke.

Ils reconnurent que les divers organes des végétaux étaient composés de parties élémentaires ayant la forme de sacs pourvus d'une paroi rigide et qu'ils désignèrent sous le nom de vésicules et d'utricules, termes qui furent employés pendant tout le XVIIIe siècle, et ce fut seulement en 1800 que Mirbel reprit la dénomination de cellules.

Mais jusqu'en 1831, l'attention des naturalistes ne s'était portée que sur les parois et on ne s'était nullement occupé du contenu. C'est alors que Robert Brown discerna dans l'intérieur des cellules de l'épiderme des Orchidées un petit corps arrondi qu'il appela un noyau. Ce corps avait bien été figuré déjà par Leeuwenhoek dans les globules sanguins des Poissons et par Fontana dans les cellules épithéliales de l'Anguille; mais Brown reconnut que ce noyau était un élément normal de la cellule.

Schleiden, en 1838, après avoir acquis la certitude de la présence constante du noyau dans les jeunes cellules et tout en s'appuyant sur les recherches de ses prédécesseurs, entreprit de résoudre la question d'origine des cellules. Pour lui, le rôle le plus important est dévolu au noyau dont il fait le générateur de la cellule et que, pour cette raison, il nomme le cytoblaste. Dans une substance fondamentale ou cytoblastème, apparaît d'abord un nucléole autour duquel se forme un cytoblaste et, à la surface de ce dernier, on voit se différencier une membrane qui, peu à peu, s'écarte du noyau, limitant ainsi un espace dans lequel pénètre par osmose la substance qu'il appelle fondamentale.

Schleiden ne s'était occupé que de la cellule végétale; mais Schwann étendit aux animaux la théorie de Schleiden et il admit lui aussi que les cellules animales prenaient naissance par formation libre du noyau dans un cytoblastème.

La question est serrée de plus près par Dujardin et, avec lui, des faits plus précis sont mis en lumière. Ayant fait porter ses recherches sur les Rhizopodes et les Foraminifères, il reconnut qu'ils étaient constitués par une sorte de gelée pouvant émettre des prolongements destinés au déplacement de l'être ou à la préhension des aliments. Il proposa d'appeler sarcode cette gelée vivante.

Un an plus tard, c'est-à-dire vers 1836, Valentin constate la présence du noyau dans les cellules de la conjonctive et signale dans son intérieur un corpuscule arrondi, le nucléole, formant comme une espèce de second nucléus dans le noyau.

Les principaux éléments constitutifs de la cellule sont désormais connus; mais les fins détails de sa structure intime restent encore à découvrir, et c'est seulement dans ces dernières années, grâce aux procédés plus parfaits de leur technique histologique, que Henneguy, Bouin, Laguesse, Prenant, etc., ont étendu nos connaissances sur la constitution plus délicate du protoplasma et du noyau.

III. — Le protoplasma.

Le premier terme dont on s'est servi pour désigner la substance protoplasmique a été celui de sarcode, nom par lequel Dujardin, en 1835, avait désigné la gelée constitutive des Rhizopodes ou des Foraminifères. « Je propose, avait-il dit, de nommer sarcode ce que d'autres observateurs ont appelé gelée vivante, cette matière gélatineuse, diaphane, homogène, élastique et contractile ».

Purkinje, en 1840, désigna sous le nom de protoplasma la matière vivante, formative des embryons des animaux. C'est également le nom adopté par Mohl, en 1846, pour désigner la substance contenue dans les cellules végétales, et, désormais, c'est ce terme de protoplasma qui sera couramment employé.

Toutefois, quelques auteurs, estimant qu'il est nécessaire d'établir une différence entre le protoplasma du corps cellulaire et celui du noyau, désignent le premier sous le nom de cytoplasma, et appellent le second nucléoplasma.

D'autres expressions ont été proposées. C'est ainsi que Beale, en 1862, donne à la matière vivante le nom de bioplasma. La même année, Kœlliker, et un peu plus tard Hæckel, proposent celui de cytoplasma, tandis que E. Van Beneden adopte celui de plasson. En réalité, le plasson de Van Beneden n'est qu'un protoplasma rudimentaire dans lequel la différenciation du noyau ne s'est pas encore produite.

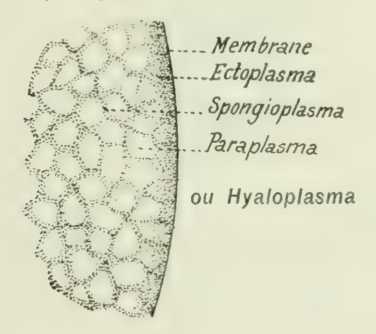
On éprouve quelque difficulté à donner une bonne définition du protoplasma. Pour Huxley et toute son école, le protoplasma est la base physique de la vie; pour Cl. Bernard, il représente l'agent des manifestations vitales de la cellule. Quant à Flemming, il le désigne

tantôt sous le nom de corps cellulaire, et tantôt sous celui de substance cellulaire. En réalité, il existe autant de protoplasmas qu'il y a d'êtres différenciés et d'organes remplissant des fonctions différentes dans chacun de ces êtres.

En France, la meilleure étude sur la structure du protoplasma nous paraît être celle qu'en a publiée le professeur Yves Delage, dont nous allons résumer le travail.

Si on soumet le protoplasma à un examen superficiel, on constate qu'il se montre sous l'aspect d'une substance visqueuse, semi-liquide, incolore, insoluble dans l'eau, et plus réfringente que ce liquide. Mais, à un examen plus minutieux, et en faisant agir des réactifs appropriés, on observe diverses parties figurées qui déterminent en lui une structure véritable. Ces parties figurées sont des fibrilles, des granulations, des vacuoles donnant lieu ainsi à diverses structures qui seront examinées dans la suite.

Décrivons d'abord les fibrilles qui ont été les premiers éléments qui ont attiré l'attention des cytologistes.



Ce sont des filaments très fins et paraissant formés d'une substance plus dense, qui sillonnent le protoplasma en tous les sens. A cet égard, différentes opinions se sont produites. Les uns croient volontiers que ces fibrilles forment un réseau, c'est-à-dire qu'elles se ramifient, anastomosant leurs branches et les soudant au point de rencontre ou nœuds du réseau. Ce réticulum constituerait le spongioplasma, et la substance contenue à l'intérieur des mailles représenterait l'hyaloplasma. D'autres affirment, au contraire, que ces filaments ne sont nullement ramifiés ou anastomosés, et qu'ils ne forment que de simples fibrilles indépendantes les unes des autres. Elles seraient, en outre, contractiles, et leur ensemble constituerait la substance filaire ou mitome; quant à la substance dans laquelle elles sont plongées, il conviendrait de l'appeler paraplasma. En réalité, la substance filaire n'est autre que le spongioplasma, tandis que le paraplasma représente l'hyaloplasma de quelques auteurs.

Les premiers histologistes n'avaient vu dans le protoplasma qu'une substance transparente, semi-liquide, renfermant des granulations plus ou moins abondantes. Mais Pflüger et Henlé, en 1866, constatent que le protoplasma de certaines cellules présente un aspect strié et, à la suite de leurs observations, plusieurs théories ont été émises pour expliquer la structure du réseau protoplasmique. Voici les plus importantes :

La structure réticulée;
La structure alvéolaire;
La structure tubulaire;
La structure vacuolaire;
La structure filamenteuse;
La théorie granulaire;
La théorie du spongioplasma;
La théorie des bioblastes;
La théorie des Kœlliker.

Structure réticulée. — Elle a été décrite par Frommann, en 1866. Ses observations ont porté sur les cellules nerveuses, sur certaines cellules épithéliales et sur certaines cellules conjonctives dans lesquelles il a pu constater l'existence d'un réseau de filaments entrecroisés formant une sorte de feutrage, et il a donné à cette disposition le nom de structure réticulée.

Structure alvéolaire. — C'est encore ce même aspect que Bütschli, en 1873, retrouve dans les cellules épidermiques du *Pilidium*. Il constate, en outre, que s'il fait varier la mise au point, de nombreuses petites vacuoles apparaissent au centre de la cellule; c'est ce qu'il nomme une structure vacuolaire.

Cette même année, Heitzmann, après avoir étudié la structure des Amibes et des globules blancs de l'Ecrevisse, déclare que le protoplasma est composé de filaments très fins anastomosés entre eux sous forme d'alvéoles, et constituant un élément contractile.

Structure tubulaire. — Ayant étendu les observations de Heitzmann aux cellules végétales, Velten, en 1873, propose l'explication suivante : le protoplasma serait creusé d'un grand nombre de vacuoles allongées ou de canalicules renfermant une matière homogène, semi-liquide, et ce sont les parois de

ces vacuoles qui donnent l'apparence d'une structure réticulée.

Structure vacuolaire. — Rouget, en 1873, observe ce même aspect dans les cellules formatives des capillaires du Têtard, et il les nomme, pour cette raison, cellules à vacuoles.

Ce n'est là, du reste, qu'un stade de l'évolution protoplasmique, qui est d'abord homogène et qui, plus tard, se creusera de vacuoles.

Structure filamenteuse. — Les opinions précédentes furent quelque peu ébranlées quand parut, en 1878, le mémoire de Flemming sur les cellules de la larve de *Salamandra maculosa*. Flemming, en effet, n'hésite pas à croire que la plupart des aspects observés ne sont que le résultat d'artifices de préparation dus à l'emploi des réactifs. Aussi est-il porté à croire que le protoplasma est plutôt amorphe.

Mais, en 1882, après avoir observé la cellule à l'état vivant, il revient sur sa conclusion, et il admet lui aussi que le protoplasma est constitué par une substance ayant une forme figurée, offrant l'aspect de filaments granuleux et présentant une substance homogène interposée à ces filaments. Il donne aux filaments granuleux les noms de substance filamentaire, masse filaire ou mitome, et à la substance homogène ceux de substance intermédiaire, masse interfilaire ou paramitome.

Théorie granulaire. — En examinant à un fort grossissement des hématies de Batraciens, Arndt, en 1874, avait déclaré que le protoplasma était formé de granulations baignant dans une substance fondamentale homogène. D'après lui, ces granulations ne sont que de tout petits globules microscopiques revêtus d'une membrane plus dense, et qui constituent de véritables petits organites représentant l'élément essentiel du protoplasma. C'est la théorie qu'Altmann reprendra quelques années plus tard.|

Théorie du spongioplasma. — Pour Leydig (1883-1885), le protoplasma est bien constitué par une série de fibrilles disposées en réseau; mais ce réticulum est plutôt un squelette de soutien. L'ensemble de ces fibrilles, anastomosées entre elles, et non contractiles, constitue le spongioplasma, qu'il compare au squelette calcaire ou siliceux qui soutient le corps des Spongiaires. A l'intérieur se trouverait un hyaloplasma homogène et contractile. Ainsi, dans la conception de Leydig, la contractilité est dévolue au contenu du réseau protoplasmique.

Ce sentiment est également celui de Nansen (1886), qui considère que la portion active du protoplasma est l'hyaloplasma ou la substance interfibrillaire.

Théorie des bioblastes. — Contrairement aux opinions précédentes, Altmann (1890) a essayé de démontrer qu'il y aurait un degré d'individualité encore plus bas que la cellule et de réfuter du même coup la notion que les cellules seraient les organismes élémentaires. Par des procédés spéciaux de fixation et de coloration, il met en évidence soit des granulations isolées, soit des filaments paraissant constitués par des granulations juxtaposées. Il les considère comme des organismes élémentaires, et les désigne sous le nom de bioblastes. La cellule serait donc une colonie de bioblastes. Sans doute, le bioblaste isolé ne peut plus continuer à vivre lorsqu'il est séparé de ses connexions avec le reste des bioblastes de la cellule. Il y aurait cependant des bioblastes à vie libre dans la nature; ce seraient les Bactéries.



D'après Altmann, une association de bioblastes constitue une Monère qui, par différenciation interne, donne une Métamonère, puis une cellule dans laquelle les bioblastes se distinguent en somatoblastes ou bioblastes du corps cellulaire et caryoblastes ou bioblastes du noyau.

Altmann a certainement observé les faits qu'il a décrits; mais bon nombre d'histologistes déclarent que ces granulations résultent d'une précipitation de certains éléments protéiques du protoplasma, et cette précipitation aurait été provoquée par l'emploi de certains réactifs fixateurs.

Théorie de Kœlliker. — D'après Kœlliker, le protoplasma présente un aspect différent suivant l'âge des cellules.

Dans la cellule jeune, le protoplasma est homogène, sans aucune structure. Il est formé de substances diverses, molles, semi-fluides, où l'on peut distinguer: 1° une substance albuminoïde proprement dite; 2° une plastine.

Chacune de ces substances a un rôle spécial. Ainsi, aux albuminoïdes est dévolue la contractilité, et leur ensemble constitue la matière amorphe, contractile, analogue au sarcode de Dujardin, tandis que la plastine est dépourvue de contractilité.

Mais quand le protoplasma arrive à un stade plus avancé, on voit apparaître des vacuoles contenant un suc cellulaire. Relativement à ces vacuoles, on peut faire les observations suivantes : Si le protoplasma présente des vacuoles petites et nombreuses, on a l'illusion d'une structure alvéolaire ; mais que les vacuoles se rompent et se fusionnent, on aura alors une structure vacuolaire. Enfin, les vacuoles peuvent encore s'agrandir et communiquer entre elles, ce qui donnera au protoplasma l'aspect réticulé. Il peut encore arriver que le réticulum se brise, ce qui donnera naissance à des filaments libres.

Conception actuelle du protoplasma. — Avec beaucoup de justesse, le professeur Prenant a pu faire remarquer que les diverses théories sur la structure du protoplasma avaient toutes un point commun. Dans toutes, en effet, on admet la présence d'au moins deux substances : spongioplasma et hyaloplasma, une masse fibrillaire et une substance interfibrillaire, des granulations et une substance intergranulaire. En réalité, il y a dans le protoplasma deux substances différentes : une qui est figurée, et une autre amorphe. La partie figurée, que l'on voit nettement à l'examen histologique, est douée d'une forme propre, d'une plus grande consistance et d'une réfringence plus grande; elle a, en outre, une plus ou moins grande affinité pour certains colorants; ce sont les granulations, le mitome, le réticulum, etc. La partie amorphe, qui, à l'examen histologique, paraît circonscrite par les éléments précédents, est plus molle, moins réfringente, moins vivement colorée par les réactifs, ressemble à du suc cellulaire. C'est la substance intergranulaire, le paramitome, la substance intra-réticulaire ou enchylème. On a proposé, pour la désigner, le terme de morphoplasma.

Puisqu'il y a dans le protoplasma deux éléments différents, il était intéressant de connaître lequel des deux était le plus important dans les phénomènes de la vie cellulaire, en d'autres termes lequel des deux constituait la partie active. La majeure partie des auteurs s'accorde à déclarer que la seule partie vivante est la partie figurée. Mais cette opinion, bien que généralement admise, n'est pas partagée par tous les cytologistes, et quelques-uns, tels que Brücke, Brass, Leydig, ont soutenu que c'était l'hyaloplasma ou l'enchylème qui représentaient la partie vivante.

On a pu, du reste, invoquer des arguments aussi bien pour l'une que pour l'autre de ces conceptions.

En observant des cellules vivantes, certains ont pu constater la contraction du réticulum; ils en conclurent que c'est bien en lui et non pas dans l'hyaloplasma que résidait l'activité vitale. Mais on a objecté, sans apporter toutefois de preuves suffisantes, que l'opinion qui place le phénomène de la vie dans le réticulum était peu acceptable, car cette charpente figurée du protoplasma n'est formée que d'une albumine plus résistante aux réactifs, plus solide et plus fixe; tout au plus doit-on la considérer comme un squelette sans vie.

Mais une objection très sérieuse doit être opposée à la théorie du hyaloplasma ou de l'enchylème vivants. C'est à son niveau, en effet, que se déposent toujours les produits variés ou plutôt les déchets de l'activité protoplasmique. Il paraît donc plus conforme à la vérité de considérer l'enchylème comme un plasma secondaire ou comme un produit inerte.

Ectoplasma et endoplasma. — Dans un grand nombre de cellules, et plus particulièrement dans les cellules isolées ou vivant séparément, on distingue dans le protoplasma deux zones différentes : l'une extérieure ou ectoplasma, l'autre intérieure ou endoplasma. L'aspect seul de la cellule permet de séparer ces deux zones qui ont une structure et, par conséquent, des fonctions différentes. On doit, dès lors, les considérer comme deux protoplasmas fonctionnels distincts. Le meilleur exemple à choisir pour mettre en évidence cette double différenciation structurale est celui des Protozoaires. Considérons, par exemple, une Amibe ; l'ectoplasma forme la couche corticale de l'animal. C'est à lui que sont dévolues les fonctions de sensibilité et de motilité. Quant à l'endoplasma, il apparaît chargé de granules et de dépôts de toute sorte. Il constitue la masse principale du corps, et c'est à son niveau que paraissent s'accomplir les phénomènes de nutrition.

Kinoplasma et trophoplasma. — Nous em-

prunterons à Strasburger, qui a introduit ces deux expressions dans le langage cytologique, le sens et les définitions qu'il faut leur attribuer.

Le kinoplasma est une substance plus particulièrement contractile, et jouant un rôle actif dans les mouvements dont la cellule est le théâtre, notamment quand va se produire la division cellulaire. En réalité, ce sont des fibres protoplasmiques plus épaisses que les autres, ayant une affinité tinctoriale plus grande et ordonnées radiairement à partir d'un corpuscule central entouré lui-même d'une plaque de protoplasma plus sombre ou archoplasma, et divergeant comme les rayons d'une étoile, d'où le nom d'aster donné à la figure ainsi produite et à l'ensemble de ces fibres.

Le trophoplasma représente la matière de la substance cellulaire ordinaire. Il faut le considérer comme la substance nutritive de la cellule.

Ergastoplasma. — C'est surtout aux frères Bouin et aussi à Garnier que l'on est redevable d'une telle expression. Ils désignent ainsi certains filaments plus épais que ceux que l'on voit dans la trame ordinaire du corps cellulaire, un peu tortueux et se colorant d'une façon plus intense. On les trouve dans les cellules sécrétrices au moment de leur activité fonctionnelle. On les aperçoit nettement à la base des cellules, et ils sont surtout serrés au voisinage du noyau, qui lui-même a gagné la région basale.



En examinant les cellules de certains éléments glandulaires et tout particulièrement celles qui tapissent les régions glandulaires rénales, on remarque que leur partie basale est décomposée en bâtonnets parallèles dont la description a été faite par Heidenhain, Martin et Théohari. Ces bâtonnets ne sont, en réalité, que des filaments ergastoplasmiques.

Mitochondres de Benda. — Ce sont de petits grains juxtaposés, disposés en file, et donnant naissance à des « chondromites ». Ils ont été décrits par Benda, qui les a aperçus dans un grand nombre d'éléments cellulaires. Il les nomme des mitochondres, et leur colorabilité spécifique permet de les distinguer des cytomicrosomes ordinaires. Benda et les histologistes de nos jours se demandent quelle est la valeur exacte de la substance constitutive des mitochondres. Il paraît assez probable qu'ils jouent dans la cellule glandulaire le rôle attribué plus haut au kinoplasma et à l'ergastoplasma.

Protoplasma supérieur de Prenant. — Sous le nom de protoplasma supérieur, Prenant désigne une substance protoplasmique plus nettement différenciée et à qui serait dévolu dans la cellule un rôle fonctionnel plus élevé. Cette conception d'un double protoplasma paraît bien concorder avec les considérations que nous avons exposées précédemment. Toutefois, de ce que le protoplasma supérieur résulte d'une différenciation du protoplasma ordinaire, il ne faudrait pas tracer entre l'un et l'autre une ligne de démarcation trop tranchée. Prenant incline à penser qu'il y a autant de protoplasmas supérieurs que de cellules différentes, et, pour lui, le kinoplasma et l'ergastoplasma n'en sont que les deux principales espèces.

Au point de vue de ses réactions tinctoriales, il se caractérise par une colorabilité plus intense qui le rapproche quelque peu des chromosomes du noyau, et son rôle sera considérable dans les diverses manifestations de l'activité cellulaire, soit qu'il s'agisse du phénomène de la division ou de l'élaboration des divers produits. Mais une fois son rôle accompli, on le verra peu à peu disparaître, non sans laisser parfois des résidus variés, tels que les plasmosomes, les parasomes, etc.

IV. — La membrane cellulaire.

La première question à se poser au sujet de la membrane cellulaire est relative à sa présence. Existe-t-il, en réalité, une membrane cellulaire? Il est sûr que les premiers auteurs qui firent, il est vrai, porter leurs observations sur la cellule végétale, ont dû être frappés par sa présence. On sait, en effet, qu'il se forme de bonne heure autour de la cellule végétale une couche cellulosique parfois très épaisse qui représente une formation secondaire. On peut également rencontrer

des formations secondaires autour de certaines cellules animales, et, à cet égard, il suffirait de signaler l'œuf, qui est souvent entouré d'une membrane d'enveloppe qui constitue le chorion, dont la structure est parfois très compliquée.

Mais ce ne sont là que des formations secondaires, et il ne peut s'agir d'elles quand on veut étudier la membrane cellulaire.

En réalité, la cellule paraît souvent dépourvue de membrane, surtout si on l'examine à l'état jeune et frais, et sans l'intervention de réactifs fixateurs. Comme paroi, elle n'a que la surface externe de son protoplasma. Mais, dans ce cas, on peut toujours se rendre compte que cette surface, grâce à une disposition particulière de ses éléments, sépare nettement le corps cellulaire du milieu ambiant. Elle est formée par la substance fondamentale hyaline, qui se dispose en bande continue, et qui entoure complètement la cellule. Souvent même cette couche superficielle prend une fermeté particulière et assure une protection plus efficace. Toutefois, peut-on bien considérer comme une membrane cette couche protoplasmique? Aussi, tant que la cellule n'aura pas d'autre revêtement, nous pourrons dire qu'elle est nue, et que, chez elle, la membrane cellulaire n'existe pas. Mais, dans certains cas, comme on peut l'observer chez les Protozoaires, la partie superficielle du protoplasma se différencie en ectoplasma ou couche plus dense et au feutrage plus serré; mais, même dans ce cas, nous n'attribuerons pas à cette cellule une membrane cellulaire, parce que, en réalité, l'ectoplasma n'est que du protoplasma différencié.

Il existe cependant bon nombre de cellules pourvues d'une membrane. Dans ce cas, cette dernière s'offre à nous sous l'aspect d'une pellicule très fine que l'on peut désigner sous le nom de membrane primaire, qui ne tardera pas à s'entourer d'une autre membrane qui viendra exactement s'appliquer sur la première, et qui constituera la membrane secondaire. C'est le cas de la cellule végétale où, grâce à certains procédés de technique, on peut déceler une membrane interne de nature protoplasmique et une membrane externe de nature cellulosique.

La membrane primaire peut manquer dans un certain nombre de cellules telles que les Rhizopodes, les globules blancs des Vertébrés, etc. Il est intéressant, à cet égard, d'examiner le corps cellulaire d'une Amibe. Sur toute la périphérie, on observe une zone protoplasmique assez nettement différenciée, quoique mal limitée, de la zone protoplasmique qui entoure le noyau. Elle est souvent vacuolaire, et constituée par du protoplasma condensé, mais restant toujours semi-fluide, pour permettre au Protozoaire de se déformer et de pousser des prolongements qui lui donneront la faculté de se déplacer et de saisir les organismes qui assureront sa nourriture.

Pour Kœlliker, le nom de cellule ne devrait s'appliquer qu'aux formes entourées de membrane; quant à celles qui sont dépourvues d'enveloppe, il propose de les nommer protoblastes.

En réalité, la constitution d'une membrane véritable doit s'entendre ainsi : des substances particulières, plus résistantes aux agents physiques et chimiques, se déposent autour du protoplasma et l'entourent d'une enveloppe protectrice. Mais cette enveloppe ne saurait s'enlever avec le secours d'une pince, comme on peut enlever la pellicule qui recouvre certains fruits. Elle est partie intégrante de la cellule, est vivante comme elle, et, au moment de la division, elle se divise comme le font les autres éléments. Pour la différencier du protoplasma sous-jacent, il suffit de la soumettre à l'action de la pepsine, qui la digère en partie, dissolvant sa portion protoplasmique et maintenant intactes les substances qui s'y sont ajoutées. On a constaté que les phénomènes de putréfaction agissaient dans le même sens, détruisant comme précédemment l'élément protoplasmique et respectant les corps surajoutés. Aussi, qu'une cellule vienne à mourir, on constatera alors que son enveloppe persiste pendant un temps plus ou moins long.

On nommera cuticules des substances résistantes, solides, que la putréfaction laisse intactes, non digestibles par la pepsine, sécrétées par le protoplasma et déposées à sa surface. Ce sont bien des formations protoplasmiques, mais qui n'ont plus rien de cette substance ni rien de vivant. Ces cuticules, d'ailleurs, ne sont pas forcément une substance solide et résistante. C'est ainsi qu'on rencontre souvent chez les Protozoaires des enveloppes gélatineuses qui ne sont que des cuticules, étant données leur origine et leur nature. La membrane vitelline de l'œuf est également une cuticule.

V. — Le noyau.

Le noyau se présente sous l'aspect d'un petit corps sphérique, ovoïde ou lenticulaire, qui occupe ordinairement le centre de la cellule, mais peut être relégué sur l'un de ses bords. Avec Henneguy et Yves Delage, dont nous sommes heureux de transcrire ici les doctes leçons, nous dirons qu'il offre à étudier cinq éléments :

1° La membrane nucléaire;
2° Le suc nucléaire;
3° Le réseau de linine;
4° La chromatine;
5° Le ou les nucléoles.

Mais, avant d'en faire la description, il m'a paru intéressant de donner à son sujet quelques notes historiques.

Historique du noyau. — Il avait été aperçu par Leeuwenhoek, dans les globules rouges des Poissons; par Cavolini, dans les œufs de ces mêmes animaux, et par Fontana, en 1781, dans les cellules épithéliales; mais ces observations restèrent à l'état de faits isolés jusqu'en 1831, époque à laquelle Robert Brown établit le premier l'importance du noyau et sa présence constante dans toutes les cellules.

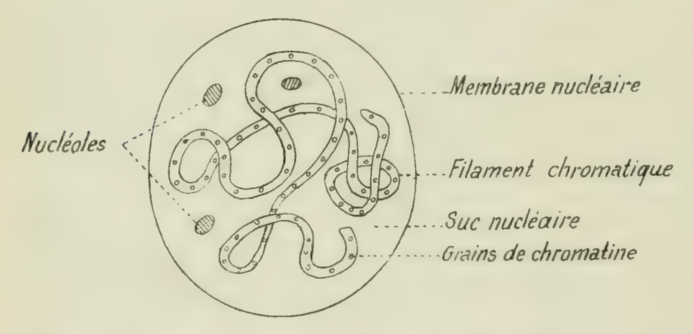
Les premiers auteurs qui ont étudié le noyau le décrivent comme une petite vésicule close, limitée par une membrane contenant une substance semi-liquide, dans laquelle on peut apercevoir un ou plusieurs corps denses qui sont les nucléoles. Certains même considéraient le noyau comme formé d'un protoplasma plus condensé que celui du corps cellulaire et contenant un ou plusieurs globules encore plus denses, les nucléoles.

Mais, en 1859, Stilling, étudiant les cellules ganglionnaires du Bœuf, remarque dans le noyau toute une série de filaments contournés.

En 1865, Frommann, étudiant les cellules fraîches de la moelle de Bœuf, décrit un réticulum dans le noyau et croit à l'existence de tubes partant de ce dernier et venant rayonner dans le protoplasma.

Neuf années plus tard, Auerbach publiait un travail très important sur le rôle et la constitution du noyau dans lequel il admet quatre parties principales : la membrane nucléaire, le suc nucléaire, les nucléoles et les granulations.

Le réticulum décrit par Frommann avait attiré l'attention de Flemming (1876), qui chercha à le retrouver et s'adressa pour cela aux cellules de la Salamandre. Il constata, en effet, l'existence du réseau de Frommann avec une subtance liquide interposée entre ses mailles. Mais il considère les nucléoles comme des éléments complètement distincts du noyau et formés probablement d'une substance spéciale.



Deux années après, en 1878, Flemming publiait un important mémoire sur le noyau qu'il venait d'étudier dans les différents tissus de la Salamandre. En s'adressant aux cellules de la queue de la larve, à l'état vivant, il put observer le noyau sous la forme d'un corps transparent, à peine visible, présentant des aspects variés, et parfois même des incisures sur sa surface. Il put même y constater des mouvements spontanés qui en modifiaient constamment la forme.

En 1883, E. Van Beneden publie un travail considérable sur l'œuf de l'*Ascaris megalocephala*, et il y émet quelques idées nouvelles sur la structure du noyau à l'état de repos. Pour Van Beneden, il faut considérer dans le noyau deux éléments principaux : une charpente réticulée qu'il désigne sous le nom de nucléoplasma, et une substance liquide qui est le suc nucléaire. On peut même distinguer deux substances dans le nucléoplasma : une substance chromatique et une substance achromatique.

La conception du célèbre cytologiste belge Carnoy est un peu différente. Pour lui, le noyau contient trois éléments : 1° un protoplasma particulier, qu'il nomme le caryoplasma; 2° un suc nucléinien; 3° un boyau nucléinien. Le caryoplasma a une constitution

générale qui rappelle le cytoplasma; comme ce dernier, en effet, il présente un réticulum et un enchylème granuleux. Le suc nucléinien est une substance liquide, sans caractères bien particuliers, et dans laquelle baignent les divers éléments du noyau.

Le boyau nucléinien serait un filament continu et pelotonné sur lui-même, mais qui pourrait, sous l'influence des réactifs, s'agglutiner par endroits, de façon à donner l'illusion du réticulum.

Carnoy s'est également occupé des nucléoles, dont il distingue trois variétés principales : les nucléoles noyaux, les nucléoles plasmatiques ou nucléoles proprement dits et les nucléoles nucléiniens. En réalité, ces deux derniers ne sont que des parties renflées du boyau. Au point de vue fonctionnel, les plus importants paraissent être les nucléoles plasmatiques. Ce sont eux, en effet, qui seraient résorbés par la cellule au moment de la division karyokinétique, et ils représenteraient ainsi une sorte de réserve alimentaire ou énergétique. Voici quelques-uns de leurs caractères : ils bleuissent par l'action successive du cyanure de potassium et du perchlorure de fer; ils disparaissent en partie par la digestion artificielle, et laissent à leur place un réticulum plasmatique. Ils seraient formés d'un réticulum plastinien renfermant dans ses mailles un enchyléma protéique ayant une certaine densité. Nous verrons plus tard, à propos de la constitution chimique de la cellule, ce qu'il faut penser de cette substance particulière, la plastine.

Membrane nucléaire. — La majeure partie des auteurs admet l'existence de cette membrane. Toutefois, Pützner et Retzius, en 1881, en nient la réalité et prétendent que l'élément qui paraît dessiner le contour du noyau est dû à ce que la trame nucléaire se présente sous un aspect plus dense à la périphérie, et que le plasma cellulaire est lui-même plus condensé autour du noyau.

Flemming et Auerbach admettent l'existence d'une membrane nucléaire pour la plupart des noyaux et vont même jusqu'à y distinguer deux couches : une couche interne chromatique et une couche externe achromatique (Flemming), tandis que pour Auerbach il y a lieu d'y considérer une membrane d'origine nucléaire, la membrane karyogène, et une membrane externe d'origine protoplasmique, la membrane cytogène. O. Hertwig, au contraire, déclare que la présence de la membrane nucléaire est souvent très difficile à démontrer, et si elle est parfois très nette, comme dans la vésicule germinative de l'œuf, par contre, il y a certains noyaux, comme ceux des globules rouges des Amphibiens, où on chercherait vainement sa présence.

Tel n'est pas le cas de l'élément nucléaire des cellules de l'Hydre grise et de la Salamandre, qui a été étudié par Pfitzner, et où cet auteur a décrit jusqu'à trois ou même quatre membranes autour du noyau :

1° Une membrane chromatique perforée, formée par la partie périphérique du réticulum chromatique;

2° Une membrane achromatique dont la couche externe est souvent différenciée et constitue alors d'une part :

3° Une membrane parachromatique, et, d'autre part :

4° Une membrane nucléaire de nature cytoplasmique. F. Henneguy est assez porté à admettre sa présence dans toutes les cellules, et il en donne pour raison que, même dans les cas où cette membrane n'est pas très visible, le noyau conserve sa forme, lorsque par l'énucléation on le sépare du corps cellulaire.

En réalité, la membrane nucléaire est très mince, hyaline, parfaitement tendue sous la pression du suc nucléaire, qu'elle sépare du suc protoplasmique. Elle paraît constante et ne disparaît que momentanément pendant une courte phase de la division cellulaire, pour se reformer aussitôt après.

Il arrive parfois que la chromatine se condense à la périphérie du noyau, pour former à ce dernier une membrane chromatique qui n'a pas d'individualité propre, et qui se rattache à la masse chromatique générale. Mais, en dehors de cette membrane il en existe une autre qu'il faut considérer comme la véritable membrane nucléaire constituée d'après Schwarz par une substance spéciale : l'amphypérine.

Suc nucléaire. — On peut rapprocher le suc nucléaire ou enchylème du suc cellulaire que l'on trouve dans les vacuoles du protoplasma. C'est, dans les deux cas, une substance liquide formée d'une dissolution pauvre en éléments albuminoïdes, et assez riche en sels; toutefois, le suc nucléaire est en proportion beaucoup plus grande que le suc protoplasmique, et on peut dire qu'il constitue la majeure partie de

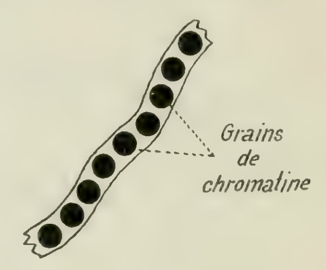
la masse du noyau. Il représente la paralinine de Schwarz ou l'achromatine de Flemming, et doit être considéré comme un mélange complexe de substances très variées. On y a signalé accidentellement des grains d'amidon, des gouttelettes de graisse, des grains de chlorophylle et divers autres éléments. Sa colorabilité est très faible et moindre même que celle du réseau de linine dont nous allons nous occuper.

Réseau de linine. — Pour beaucoup d'histologistes, le réseau de linine constitue dans le noyau le réseau achromatique. Cette dernière expression pourrait laisser supposer que sa colorabilité est nulle, ce qui serait une erreur; seulement, la substance achromatique ne se colore que par des réactifs différents de ceux qui donnent une teinture élective à la chromatine. Il est constitué par des filaments extrêmement fins ramifiés et anastomosés en réseau et ressemble à cet égard au réseau filaire du protoplasma. On s'est demandé, toutefois, si cette disposition réticulée était bien réelle. Dans un véritable réseau, en effet, tous les filaments ont la même valeur; or, il est difficile d'admettre qu'il en soit de même ici.

Au moment de la division du noyau, on voit le réseau se rompre en certains points, de manière à laisser un filament continu auquel restent appendus comme de petites ramifications, les restes des filaments qui se sont rompus. Il est donc permis de se demander si le réseau ne serait pas plutôt formé d'un long filament continu, pelotonné sur lui-même, mais pourvu de petites branches secondaires qui établissent des anastomoses temporaires entre ses différentes sinuosités. Même dans certains cas, au moment où va s'accomplir le phénomène de la division, on voit s'isoler non pas un long filament unique, mais plusieurs filaments recourbés en anse pour constituer les futurs chromosomes. A notre avis, une telle disposition ne saurait éliminer l'hypothèse du filament unique. Il suffit pour cela que le filament se sectionne en plusieurs points, ce qui paraît être très probable.

Quoi qu'il en soit, la conception la mieux acceptée aujourd'hui au sujet du réseau de linine est celle d'un long filament plusieurs fois enroulé sur lui-même.

Chromatine. — C'est le nom que l'on donne à toute une série de petits grains disposés sur le réseau de linine, et qui sont formés d'une substance possédant une très grande affinité pour certains colorants. C'est pour cela, du reste, qu'on les appelle grains de chromatine. Ils sont également appelés nucléomicrosomes, pour les distinguer des microsomes ou granulations du protoplasma. Souvent, sur les points nodaux du réseau de linine, la chromatine s'accumule en masses un peu plus considérables que l'on a appelées les corps nucléiniens ou pseudo-nucléoles.



On s'est demandé quelle était la position exacte des grains de chromatine par rapport aux filaments de linine, et cette question, non encore élucidée, a donné lieu à plusieurs opinions. Pour quelques auteurs, les grains de chromatine paraissent simplement accolés aux filaments; pour d'autres, au contraire, ils sont situés dans leur épaisseur même. Il est vrai que leur diamètre est bien supérieur à celui des filaments, mais ceux-ci se renfleraient au niveau des grains pour les revêtir d'une mince enveloppe.

Pour Van Beneden, la chromatine n'est qu'une sorte de pigment qui peut imbiber les divers éléments figurés du noyau, c'est-à-dire les filaments de linine, les nucléomicrosomes et même la membrane nucléaire. Certes, la proportion de chromatine est variable selon l'âge de la cellule, selon son stade évolutif et selon l'état pathologique. Il est à remarquer que les noyaux pauvres en chromatine ne possèdent plus de filaments, mais seulement des grains épars de chromatine. Celle-ci peut même disparaître complètement du noyau et se répandre dans le protoplasma, comme nous aurons occasion de l'observer à propos de la mort de la cellule.

Heidenhain a distingué deux sortes de chromatine : l'une, qui prend électivement les matières colorantes d'aniline, à fonction basique, c'est la basichromatine ou chromatine ordinaire; l'autre, confondue jusqu'alors dans le suc nucléaire et qui a la forme de granules disposés en séries qui donneront au

moment de la division du noyau le filament achromatique, a une réaction colorée différente de la précédente et se colore exclusivement par les couleurs d'aniline à fonction acide; c'est l'oxychromatine ou la lanthanine. Cette substance correspond sans doute à la paralinine.

Schlater, et avec lui beaucoup d'autres auteurs, estiment que le nombre de granules à affinités tinctoriales différentes est beaucoup plus considérable, et on conçoit aisément qu'avec les perfectionnements de la technique histologique la liste pourra encore s'allonger. Ces substances distinctes, mais encore inconnues dans leur véritable composition chimique, correspondent assez probablement à autant d'étapes successives du chimisme nucléaire ou encore à des phases différentes de la vie de la cellule. Ainsi, il paraît à peu près certain que la basichromatine et l'oxychromatine ne sont que deux états successifs d'une même substance. Cette manière de voir a reçu une très heureuse confirmation grâce aux études de Buchler sur la chromaticité des noyaux dans les cellules nerveuses.

Cet auteur a remarqué, en effet, que les jeunes cellules des embryons avaient un noyau riche en basichromatine et, à mesure que les cellules avançaient en âge, on y trouvait plutôt de l'oxychromatine. C'est, du reste, la seule explication qui puisse rendre compte des transformations et des changements de coloration que subit le noyau au cours de la vie cellulaire. Le fait de la variation dans la colorabilité du noyau a été signalé par beaucoup d'auteurs, et il est facile à constater dans les cellules des glandes où l'on voit, selon la phase d'activité, le noyau passer de la teinte rose à la couleur violette, si on a fait usage, par exemple, de safranine et de violet acide. Ces changements de coloration paraissent dus à la coloration d'un suc nucléaire où sont plongés les éléments chromatiques. Ils peuvent être en réalité expliqués soit par la formation nouvelle dans ce suc nucléaire d'une oxychromatine dont la couleur propre venant s'ajouter à celle de la basichromatine, modifie la teinte générale du noyau, soit par la transformation en oxychromatine d'une partie de la basichromatine préexistante.

En résumé, dans l'état actuel de nos connaissances, la chromatine se présente ordinairement sous la forme de masses de figure variable, irrégulières et anguleuses, en rapport avec le réseau de linine ou de plastine qui forme la charpente nucléaire et, de préférence, accumulées aux nœuds de ce réseau. Le rapport précis de ces masses chromatiques avec les filaments de linine n'est pas établi. Pour les uns, la chromatine est appliquée sur les filaments. Pour d'autres, la chromatine se dispose sous forme de grains à l'intérieur du réseau plastinien. Mais la chromatine ne se présente pas toujours sous la forme de masses plus ou moins isolées. Parfois, en effet, ces masses se soudent en un cordon chromatique bien régulier et pelotonné sur lui-même. Un peu plus tard, quand la cellule est sur le point de se diviser, le cordon se segmente en éléments chromatiques indépendants et d'égale longueur appelés chromosomes. On constate que les chromosomes sont décomposés en grains ou microsomes qui se succèdent en une seule file. Ces microsomes constituent les ides de Weismann.

Nucléoles. — On trouve encore dans le suc nucléaire un ou plusieurs globules arrondis constituant le ou les nucléoles. Cet élément apparaît sous l'aspect d'un petit corps réfringent, que l'on pourrait d'abord confondre avec un petit noyau. Habituellement unique et ayant alors une taille assez grande, il peut être remplacé par plusieurs nucléoles peu volumineux disséminés dans le champ nucléaire.

Le nucléole se distingue des masses chromatiques parce qu'il n'a pas les mêmes affinités tinctoriales et qu'il retient seulement les colorants spéciaux du protoplasma ou colorants plasmatiques. Cette différence ne peut être que le résultat d'une constitution spéciale distincte de celle de la chromatine, et que Schwarz et Zaccharias ont désignée sous le nom de pyrénine. C'est encore en raison de cette affinité pour les colorants du protoplasma qu'on emploie les expressions de nucléole plasmatique et de plasmosome, par opposition à celui de caryosome, dont on se sert pour désigner les masses chromatiques.

On peut distinguer dans le noyau plusieurs sortes de nucléoles.

Il y a d'abord les nucléoles plasmatiques, que l'on considère comme des nucléoles vrais. Il y a ensuite les pseudonucléoles, que Flemming et Carnoy ont distingués des véritables nucléoles sous le nom de nucléoles chromatiques et de nucléoles nucléiniens; car ce ne

sont en réalité que des caryosomes arrondis et volumineux colorables par les mêmes réactifs que la chromatine. Le meilleur exemple d'un nucléole nucléinien peut se tirer de l'œuf en voie d'accroissement, chez lequel un semblable nucléole existe, constitué par la tache germinative.

A côté des nucléoles plasmatiques et des nucléoles chromatiques, on peut observer une troisième catégorie de nucléoles qui prennent indifféremment les couleurs basiques ou les couleurs acides d'aniline; c'est pour ce groupe de corps nucléolaires qu'on a créé le nom de nucléoles mixtes.

Au lieu d'être simple comme dans les cas que nous avons considérés jusqu'ici, le nucléole présente parfois une constitution plus compliquée. On peut citer à cet égard la tache germinative de l'œuf ou les nucléoles des cellules de Sertoli du tube séminifère. D'après Leydig et Flemming, la tache germinative qui représente, comme on le sait, le nucléole de l'œuf, comprend deux éléments de taille inégale, parfois séparés, mais habituellement accolés l'un à l'autre et ayant des affinités tinctoriales différentes. On a proposé le nom de nucléole principal pour le plus volumineux de ces éléments, tandis que l'autre pourrait s'appeler le corps juxtanucléolaire. Le nucléole principal qui a les mêmes propriétés de colorabilité que la chromatine pourrait peut-être représenter le terme ultime de l'évolution du corps juxtanucléolaire ou nucléole accessoire. Cette évolution aboutirait à la constitution d'un nucléole vrai.

Henneguy reconnaît deux variétés de nucléoles : les vrais et les faux; ceux-ci ne sont que des nœuds du réseau. La présence des vrais nucléoles n'est pas constante et, pour Henneguy, ce sont des organes qui semblent accessoires et qui disparaissent au moment de la division. Quand les vrais nucléoles existent, ils se comportent autrement que les faux, qui se colorent comme le reste du réticulum chromatique.

En 1864, l'attention de Balbiani a été attirée sur un ensemble de mouvements qu'il a observés dans certains nucléoles, et il a hasardé l'hypothèse qu'ils pourraient bien être comme une sorte d'organe central de la circulation cellulaire, jouant avec le noyau un rôle important dans la nutrition de la cellule.

L'observation de Balbiani se trouve complétée par celle de Hercker, qui déclare que la portion périphérique du nucléole absorbe du suc nucléaire qui ne tarde pas à subir une certaine élaboration. Que devient alors ce suc transformé? Une partie se fixe sur la substance du nucléole; l'autre passe dans les vacuoles, dont les contractions rythmiques finissent par l'expulser dans le noyau. C'est ainsi que les pulsations rythmiques des vacuoles joueraient un rôle important dans la nutrition du nucléole, comme aussi dans celle du noyau et de la cellule tout entière.

VI. — Le centrosome et la sphère attractive.

Pour observer le centrosome et la sphère attractive, il faut considérer une cellule au moment où elle va entrer en division; car, pendant le stade de repos, cet organe est généralement invisible.

Examinons donc une cellule au moment où elle se prépare à se diviser : nous ne tarderons pas à apercevoir la sphère attractive où, avec quelque habitude du microscope, nous distinguerons trois parties. Au centre, un globule plus dense, le centrosome, colorable d'une façon intense par certains réactifs; autour de lui une zone de protoplasma différencié, la sphère attractive ou archoplasma; enfin, partant de la sphère comme les rayons d'un astre lumineux et s'étendant plus ou moins loin dans le protoplasma, des stries divergentes qui constituent l'aster.

Considérons maintenant cette même cellule à son stade de repos : l'aster s'est évanoui. Le centrosome et la sphère attractive semblent également avoir disparu; mais, avec certains procédés de fixation et de coloration, on peut les retrouver dans une petite dépression de la membrane nucléaire d'où ils sortiront de nouveau au moment d'une nouvelle phase d'activité, pour s'entourer d'un nouvel aster. Mais parfois, quelque habileté que l'on ait dans la technique histologique, on n'arrive pas à les découvrir à cette place. Dans ce cas, il faut rechercher à l'intérieur du noyau, où il n'est pas rare alors de trouver un corpuscule rappelant le centrosome. Plusieurs auteurs ont même affirmé que lorsque la cellule passe au stade de repos, le centrosome se retire dans le noyau et qu'il en sort au moment où se produit le phénomène de la division.

L'identification du centrosome et du nucléole a été tentée par certains histologistes

qui ont cru constater une disparition du nucléole au moment où se montrait le centrosome et inversement. Pour eux, le centrosome n'est qu'un nucléole qui, pendant le repos de la cellule, se retire dans le noyau pour y présider aux fonctions végétatives et qui, au moment où la cellule va se diviser, émigre dans le protoplasma pour présider au phénomène de la division. Cette opinion a été combattue par Guignard, qui a pu observer la coexistence du nucléole et du centrosome pendant toute la durée d'une évolution cellulaire.

Souvent, dans la cellule végétale, on trouve côte à côte deux centrosomes et deux sphères. Cela tient à ce que, chez les centrosomes, le phénomène de la division est très précoce; ils se reproduisent, en effet, par division, avant même la division du noyau et alors que la cellule est encore au repos.

La question s'est également posée si le centrosome et la sphère attractive répondent à une formation indépendante du protoplasma. Eismond ne voit dans ces organes qu'une simple masse protoplasmique dont les aréoles sont si petites et si serrées, qu'elles donnent l'illusion d'un corps opaque.

En réalité, ce qui semble le plus probable pour le moment, c'est que le centrosome est un organe réel se présentant le plus généralement sous la forme d'un granule réfringent de taille excessivement petite, et se colorant plus fortement que le protoplasma sous l'influence des réactifs qui colorent ce dernier. Quant à la sphère attractive, elle est constituée par une petite zone claire, mal délimitée, présentant souvent une réfrangibilité peu différente de celle du reste du corps cellulaire, zone de laquelle rayonnent généralement de petits filaments clairs qui peuvent aussi retenir les matières colorantes un peu plus énergiquement que le protoplasma. Ces filaments clairs vont se perdre dans le protoplasma en se continuant avec les travées de la charpente cytoplasmique. Ce sont eux, en majeure partie, qui constituent l'aster.

En terminant ce court aperçu, nous citerons encore l'opinion de Flemming, de Hansemann et de M. Heidenhain.

Flemming (1892), tout en admettant l'importance du rôle du centrosome, émet l'opinion qu'il peut ne pas avoir une existence constante et qu'on peut le voir dégénérer et disparaître.

Hansemann, au contraire, estime que les centrosomes sont des éléments constitutifs que l'on trouve constamment dans la cellule, mais que le plus souvent, à l'état de repos, ils sont contenus dans le noyau.

M. Heidenhain (1893), ayant fait porter ses recherches sur les cellules lymphatiques de la Salamandre, a observé plusieurs cellules avec deux centrosomes, et, à côté de ces éléments, il a pu voir un corpuscule accessoire plus petit et moins coloré. Les trois corpuscules paraissaient réunis par une substance particulière prenant une teinte brunâtre et grisâtre par l'hématoxyline au fer, s'étendant de l'un à l'autre sous forme de filaments. Heidenhain donne le nom de microcentre au système triangulaire constitué par les deux centrosomes et le corpuscule accessoire.

En résumé, l'ensemble de la sphère attractive avec le corpuscule central qui est inclus et les rayons de l'aster qui en partent représente un centre cellulaire autour duquel est, en effet, centrée la substance de la cellule tout entière. Il en représente, comme le dit Prenant, dont nous résumons ici l'étude, le centre morphologique et physiologique. Dans une cellule en division, le centre cellulaire comprendra alors trois parties essentielles et concentriques : le corpuscule central ou centrosome, la sphère et l'aster. Le centrosome est ce corpuscule très chromatique formé d'une substance plus ou moins analogue à la chromatine nucléaire. La sphère est constituée par une substance plus ou moins électivement colorable, constituée d'après Bovéri par une matière protoplasmique spéciale qu'il nomme l'archoplasma. Quant à l'aster, il répond à l'ensemble des filaments qui rayonnent de la sphère dans le corps cellulaire et qui sont formés par une substance également distincte du protoplasma ordinaire, et qui n'est autre que le kinoplasma de Strasburger.

VII. — Composition chimique de la cellule.

Les éléments qui entrent dans la constitution de la cellule sont fort complexes, et l'étude en est encore très incomplète. Toutefois, à la suite d'analyses très patientes et fort délicates exécutées sur les divers tissus, et en s'adressant de préférence aux formes les plus simples, nous grouperons sous deux chefs principaux les corps constituants qu'on

y rencontre et nous examinerons avec Yves Delage et Prenant :

1° Les constituants chimiques;

2° Les constituants organiques.

Constituants chimiques. — Pendant longtemps, les traités de chimie biologique ou les ouvrages de sciences naturelles n'ont cité que quatre éléments entrant dans la constitution de la cellule : le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote. Depuis quelques années on y a constaté la présence du soufre et du phosphore, auxquels on ajoute aujourd'hui le potassium, le calcium et le sodium, unis au chlore et souvent au fluor. Le fer est également considéré comme faisant partie des substances constitutives de la cellule.

Tels sont les principaux corps que l'analyse sait déceler dans la généralité des cellules; mais, dans certains cas particuliers, il en est d'autres qui viennent se surajouter aux précédents. Ainsi, certains organismes comme les Spongiaires, un bon nombre d'Algues, accumulent de l'iode en quantités plus ou moins notables et souvent, dans ce cas, le brome est associé à l'iode. Le professeur Gauthier a trouvé de l'arsenic dans les cellules du corps thyroïde, et beaucoup de plantes ont des téguments riches en silice. On a également trouvé du bore, de l'aluminium et du manganèse. En outre, dans les pigments respiratoires des Mollusques et surtout des Céphalopodes, le fer se trouve remplacé par le cuivre, donnant lieu à un pigment nouveau : l'hémocyanine.

Pour être complet, signalons encore des sels de potassium, de magnésium, de calcium et un peu de chlorure de sodium.

Constituants organiques. — On peut en signaler quatre principaux :

Le glycogène;

La cholestérine;

Les lécithines;

Les protéides.

Glycogène. — Le glycogène est un hydrate de carbone ayant même formule que l'amidon végétal, c'est-à-dire $C^6H^{10}O^5$.

A la suite de phénomènes d'hydratation ou de dédoublement, et grâce à l'action de certains ferments organiques, il peut, comme l'amidon végétal, se transformer en sucre et particulièrement en sucre de glucose. En réalité, il constitue dans l'organisme une réserve très importante, source où la cellule puisera le glucose nécessaire à son activité.

Chez les animaux supérieurs, il est surtout localisé dans la cellule hépatique; on le trouve également dans la cellule musculaire, dans les cellules embryonnaires, etc., et, pour déceler sa présence, il suffira de faire agir la teinture d'iode, qui communiquera à ses grains une coloration rouge acajou.

Les Mollusques, les Protozoaires renferment également des grains de glycogène. On a prétendu toutefois que, chez certains organismes inférieurs, il était remplacé par un corps isomère qu'on a nommé le paramylon.

Cholestérine. — Sans être un hydrate de carbone, la cholestérine est également un composé ternaire où entrent les mêmes éléments que dans le glycogène, c'est-à-dire le carbone, l'hydrogène et l'oxygène. C'est un corps très complexe, dont la formule n'est pas nettement établie, car il en existe plusieurs variétés. La plus commune répondrait à la formule $C^{26}H^{44} + H^2O$. Mais à côté de celle-ci on en rencontre d'autres de formules différentes $C^{25}H^{42}O$ et $C^{27}H^{46}O$ avec lesquelles elle est souvent mélangée.

La cholestérine existe dans la plupart des tissus animaux et végétaux. Chez ces derniers, on la trouve dans les graines de céréales surtout en voie de germination. Chez l'animal, sa présence a été signalée dans le cerveau, dans le rein, le pancréas, les ovaires, les glandes surrénales, la rate, etc. On la trouve également dans la bile et même dans le sang où elle paraît incorporée aux globules, plutôt que dissoute dans le plasma.

Bien qu'on ne se rende pas un compte exact de son rôle dans les phénomènes de la vie, sa présence dans la plupart des tissus indique que c'est une substance qui leur est nécessaire et qui doit être utilisée par eux. On a ainsi toute raison de croire qu'elle est un des constituants primaires et constants de la cellule.

Lécithines. — Ce sont des substances très complexes, dans la composition desquelles entrent le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, l'azote et le phosphore. Sans vouloir aborder ici une étude complète des lécithines que l'on trouvera dans tous les traités de chimie biologique, qu'il nous suffise de savoir que la structure moléculaire des lécithines a pour base la glycérine, alcool trivalent dont le rôle est des plus importants en biologie et qui fait partie des éléments constitutifs des graisses.

On peut distinguer plusieurs variétés de

lécithines qui diffèrent les unes des autres non seulement par la nature des acides gras, mais aussi par la base azotée combinée au groupe phosphorique. Toutefois, si la lécithine existe sûrement dans quelques cellules et tout particulièrement dans les cellules du système nerveux central, on peut être à peu près certain qu'aucune n'en est exempte. Cette assertion s'explique très aisément par les relations qui existent entre les lécithines et les protéides phosporées, dont elles paraissent n'être qu'un stade de dédoublement.

Matières protéiques. — A vrai dire, ce sont les éléments les plus importants qui entrent dans la composition de la cellule; cela tient à la fois à la place qu'elles y occupent et au rôle considérable qu'elles sont appelées à y jouer.

Les protéides sont des combinaisons d'albumines ou de globulines avec d'autres groupes moléculaires parfois très complexes. On peut dire que les véritables constituants de la matière vivante sont les phosphoprotéides. Ce sont des corps possédant la réaction générale des matières protéiques, c'est-à-dire qu'ils sont insolubles dans l'eau pure et dans les milieux acides, solubles dans les alcalis étendus, d'où les acides même faibles peuvent les reprécipiter.

Mais c'est surtout à Frank Schwarz que revient l'honneur d'avoir publié, en 1887, un travail très important sur la cellule végétale et où l'étude microchimique du noyau du protoplasma et des grains de chlorophylle a été poussée très loin.

Le procédé de Schwarz mérite de retenir notre attention; car, pour bien se rendre compte de la composition chimique des différents éléments cellulaires, Schwarz fait agir directement les réactifs sur la cellule vivante elle-même, qu'il a disposée dans le champ du microscope.

A la suite de ses recherches, il a formulé un certain nombre de conclusions, dont on trouvera ici un aperçu rapide.

Il y a, dans le noyau, cinq substances différentes présentant chacune des réactions particulières :

1° La linine, qui correspond au nucléoplasma de Strasburger, à la parachromatine du Putzner, et qui représente la matière constitutive des filaments ou boyaux nucléiniens;

2° La chromatine, formée de granulations colorables, qui sont logées dans l'épaisseur du filament de linine. Ces granulations correspondent aux microsomes de Strasburger;

3° La paralinine, qui est une substance intermédiaire unissante entre les filaments de linine;

4° La pyrénine, qui constitue les nucléoles vrais de Carnoy.

5° L'amphipyrénine, qui compose la membrane du noyau et présente des réactions particulières qui le rapprochent de la pyrénine.

Voici maintenant quelques-uns des caractères principaux qui permettent de reconnaître les substances précédentes et de les séparer les unes des autres.

La linine et la paralinine se distinguent en ce que la première est insoluble dans le sulfate de magnésie en solution saturée, tandis que la paralinine s'y gonfle et s'y dissout en partie. En outre, la paralinine est digérée par la pepsine, qui est sans action sur la linine.

La pyrénine et l'amphipyrénine ont comme caractère commun d'être solubles dans le chlorure de sodium à 10 % ainsi que dans la potasse diluée. Notons, toutefois, que la pyrénine l'est un peu plus que l'amphipyrénine. Mais c'est surtout par leurs affinités tinctoriales qu'on arrive à séparer ces deux substances. Ainsi, la pyrénine se colore facilement par certaines couleurs du noyau, tandis que l'amphipyrénine se colore très mal ou même pas du tout par ces mêmes réactifs.

Bien que l'existence de la membrane périnucléaire ait été mise en doute, on trouve cependant parfois autour du noyau une membrane très nette à trajet continu et à couleur intense ; il faut admettre dans ce cas que la membrane d'amphipyrénine est alors tapissée intérieurement d'une couche de chromatine qui seule absorbe les couleurs. On sait, en effet, que la pyrénine et la chromatine seules se colorent d'une façon intensive.

La chromatine, dont le rôle paraît si considérable dans le noyau, n'a pas encore une formule chimique bien définie. Mais nous connaissons un ensemble de caractères qui la différencient des autres éléments cellulaires et que nous allons résumer. Elle est soluble dans tous les sels neutres, dans les phosphates, dans l'eau de chaux, les chromates alcalins. Aussi, quand on veut obtenir une bonne fixation nucléaire, faut-il rejeter le bichromate de potasse comme fixateur. Elle est digérée très rapidement par la trypsine, et plus lentement par la pepsine. La chromatine se dis-

tingue de la pyrénine par l'ensemble des caractères suivants : elle est soluble dans le chlorure de sodium à 20 pour 100, tandis que la pyrénine ne l'est pas. Elle est insoluble dans l'acide acétique à 3 pour 100 et l'acide chlorhydrique à 1 pour 100, tandis que la pyrénine, sans y être soluble, se gonfle du moins dans ces solutions.

La chromatine se distingue de la linine par sa plus grande solubilité dans le chlorure de sodium à 20 pour 100, le phosphate de potasse, le ferrocyanure de potassium, tandis que la linine est insoluble dans ces différentes substances. Mais l'un des caractères les plus importants de la chromatine, c'est sa très grande affinité pour certaines matières colorantes.

Quant aux autres substances phosphorées ou non que l'on rencontre dans le protoplasma ou dans le noyau (lécithine, cholestérine, sels minéraux), elles sont en quelque sorte additionnelles et ne doivent pas être considérées comme faisant partie intégrante de la molécule albuminoïde.

C'est par ces substances additionnelles que le cytoplasma peut être rendu dans certaines cellules beaucoup plus riche en phosphore total que le noyau, bien que sa matière albuminoïde constituante le soit beaucoup moins.

En ne tenant compte que de cette dernière, les éléments de la cellule se classent ainsi, par ordre décroissant d'acidité et de richesse en phosphore :

1° La chromatine;

2° Le nucléole et les substances achromatiques du noyau;

3° Les portions figurées du cytoplasma.

Toutes ces substances sont acides; le suc nucléaire ainsi que le hyaloplasma du cytoplasma sont basiques.

Pris en masse, le noyau est acide parce qu'il contient une quantité dominante de substances acides, tandis que le corps cellulaire est basique, parce que la substance dominante en lui, non par l'importance, mais par sa masse, est la globuline basique du hyaloplasma.

Cette acidité différente et l'affinité spéciale pour les couleurs basiques ou acides qui en sont la conséquence sont la principale cause de l'électivité des diverses couleurs par les diverses parties de la cellule. Mais, à cette cause, s'en joignent assurément d'autres que nous n'avons pu pénétrer jusqu'ici et dont, cependant, la connaissance serait nécessaire si nous voulions expliquer les raisons histochimiques de l'affinité de certains éléments pour les couleurs qu'on est convenu d'appeler basiques, tandis que d'autres ne se colorent que par des couleurs acides ou des couleurs neutres.

VIII. — Technique histologique.

Le premier souci de l'histologiste qui se propose d'étudier la constitution intime des éléments cellulaires est de posséder une bonne technique.

Occupons-nous tout d'abord de l'étude du protoplasma.

Flemming fait remarquer avec raison que l'on ne doit retenir comme véritables que les faits fournis par l'observation du protoplasma vivant. On ne doit, en effet, accepter les données procurées par l'action des réactifs qu'autant qu'elles confirment les résultats obtenus par l'examen des pièces à l'état vivant. Assurément, de très grands progrès ont été réalisés dans la technique suivie pour les méthodes de fixation et de coloration; mais cela ne peut empêcher de reconnaître que l'action de tous ces réactifs constitue un mode de recherches assez imparfait. Pour s'assurer de la justesse de cette observation, il suffit de prendre des globules blancs de Vertébrés ou d'Invertébrés et de les observer au microscope pendant qu'on fera agir les réactifs.

Henneguy s'est adressé aux cellules libres de la cavité du corps de l'*Enchytræus albidus*, et, après les avoir étudiées à l'état vivant, il a examiné leurs modifications sous l'action des divers fixateurs. A l'état vivant, elles présentaient la forme d'éléments ovoïdes, constitués par un protoplasma nettement vacuolaire. Les vacuoles étaient bien limitées et leurs parois constituées par un protoplasma finement granuleux, tandis que, à l'intérieur, se trouvait un liquide clair et incolore. Or, voici, toujours d'après Henneguy, quelques-unes des modifications subies par ces cellules sous l'action de quelques réactifs. L'eau pure les gonfle et les rend complètement homogènes, avec des granulations animées de mouvements browniens et le noyau disparaît tout à fait. Sous l'influence de l'acide acétique, le protoplasma se gonfle et prend un aspect nettement réticulé, avec une série de granulations dans l'épaisseur des filaments. Si on fait agir

une solution d'acide chromique à 1 pour 100, la cellule se contracte et on voit apparaître dans le protoplasma un réticulum plus serré que dans le cas précédent, avec des mailles plus fines et de nombreuses granulations. Même résultat avec l'alun. L'alcool, au tiers, produit un gonflement plus considérable, et le protoplasma montre un réseau lâche, formé de quelques filaments, dans l'épaisseur desquels on peut apercevoir des amas assez volumineux de grosses granulations. Le sublimé appliqué seul coagule fortement le contenu cellulaire et lui donne un aspect fibrillaire réticulé. C'est donc un mauvais réactif pour l'étude de la structure protoplasmique.

De l'ensemble de ces observations, il sera bien permis de conclure que, suivant les réactifs employés, le protoplasma des cellules libres de l'*Enchytræus* présente des structures différentes qu'on a eu tort, d'ailleurs, de vouloir généraliser pour toutes les cellules animales et végétales. Le noyau, au contraire, paraît moins sensible à l'action des réactifs fixateurs, et si quelques-uns ne mettent pas assez en relief les détails de sa structure, la plupart, toutefois, en conservent assez bien les divers éléments. Il en est, cependant, qui sont franchement mauvais, et, parmi ceux-ci, nous signalerons : le bichromate de potasse et les solutions fortes d'acide acétique.

Le bichromate de potasse est peut-être suffisant pour le protoplasma et permet d'étudier les enclaves cytoplasmiques; mais c'est un très mauvais fixateur pour le noyau, dont il dissout en partie la chromatine.

L'acide acétique se comporte différemment suivant qu'on l'emploie en solution faible ou en solution forte. En solution faible, c'est le fixateur désigné pour la chromatine du noyau. En solution forte, la chromatine est également fixée tout d'abord, mais elle ne tarde pas à se gonfler et à se dissoudre.

Après les critiques adressées aux agents fixateurs qui viennent d'être énumérés, nous devons maintenant examiner ceux qui sont les plus recommandables pour l'étude du protoplasma et pour celle du noyau.

La première qualité d'un bon fixateur est de tuer la cellule sans altérer sa constitution ou du moins sans modifier d'une façon trop sensible son état présent.

Dans son excellent *Précis de technique histologique*, notre ami L. Launoy ramène à six les propriétés d'un bon fixateur. Il doit :

1° Conserver la forme des éléments cellulaires;

2° Conserver aux formations intra-cellulaires leur structure et leur situation;

3° Coaguler les protéides cellulaires et non pas seulement les précipiter;

4° Respecter les substances nucléaires au lieu de les dissoudre;

5° Posséder une grande vitesse de diffusion;

6° Favoriser le débit des pièces, en coupes fines, ainsi que l'application sur ces dernières des méthodes de l'analyse chromatique.

Mais avant de passer en revue les divers fixateurs auxquels on peut avoir recours, il est nécessaire de rappeler, avec Flemming, que des réactifs qui conviennent pour certaines cellules donnent, au contraire, de mauvais résultats pour d'autres. Il n'y a pas, en effet, de fixateur dont l'emploi puisse être général, et il faut varier les réactifs selon les éléments qu'on étudie et les particularités qu'on cherche à y mettre en évidence.

L'acide osmique conserve bien la forme de la cellule; mais, employé seul en solution aqueuse, il coagule incomplètement les albumines du cytoplasma. Il est au contraire suffisant pour le noyau et pour la conservation des grains de sécrétion. Ce réactif rend de grands services pour fixer les cellules amiboïdes, les cellules à cils vibratiles, les Infusoires.

Associé à l'acide chromique et à l'acide acétique comme dans le liquide de Flemming, l'acide osmique garde ses propriétés et perd en même temps l'inconvénient de rendre homogène la structure protoplasmique. Comme, d'un autre côté, le liquide de Flemming fixe très bien les noyaux, on peut le considérer comme l'un des réactifs les plus utiles en cytologie.

A côté du liquide de Flemming, et peut-être même supérieur à ce dernier, nous signalerons le mélange de Lindsay, qui a toujours eu nos préférences et dont voici la composition :

Bichromate de potasse à 2,5 p. 100.	70 cc.
Acide osmique à 1 p. 100............	10 cc.
Bichlorure de platine à 1 p. 100.....	15 cc.
Acide acétique cristallisé............	5 cc.

Le mélange de Lindsay contracte moins les protoplasmas spongieux que ne le fait le liquide de Flemming, et ne fait pas apparaître une structure fibrillaire là où elle n'existe pas.

La solution commerciale d'aldéhyde formique à 40 pour 100 constitue un mauvais fixateur pour le tissu conjonctif, le tissu musculaire, etc.; mais elle conserve très bien la structure du protoplasma et celle du noyau et fixe bien les épithéliums et les muqueuses. Elle peut donc rendre d'excellents services en cytologie.

Mais il est assez rare, en histologie, de se servir d'un corps chimique employé seul et il est assez naturel d'essayer de corriger l'action de leurs solutions aqueuses ou de parfaire la valeur de quelques-unes d'entre elles, en les associant de façon à combiner leurs affinités cellulaires. Cette idée a conduit à l'établissement de mélanges tels que ceux de Flemming, de Laguesse, de Lindsay, de Zenker, de Bouin, etc.

Quand on veut faire porter ses recherches sur des éléments vivants, on emploie souvent des liquides que l'on nomme indifférents, parce qu'on suppose qu'ils n'exercent aucune action nocive sur les éléments cellulaires. De ce nombre sont le sérum iodé, l'eau salée, l'humeur aqueuse, etc. A vrai dire, ces liquides ne sont pas dépourvus de toute action sur les cellules, qui, à leur contact, deviennent le siège de phénomènes osmotiques anormaux qui finissent par en modifier la structure. Toutefois, l'altération cellulaire est moins rapide; voilà pourquoi l'emploi des liquides indifférents peut, dans certains cas, rendre de réels services.

Il existe cependant un liquide qui est véritablement indifférent pour les cellules vivantes, c'est le liquide dans lequel elles sont baignées normalement. Leur altération y est à peu près nulle. Par conséquent, c'est dans ce liquide seul que doivent être observées les cellules que l'on veut étudier dans toute leur intégrité.

Mais il ne suffit pas de fixer une cellule pour en lire les détails, il faut aussi la colorer, et le choix des méthodes de coloration a une haute importance. Sans vouloir entrer ici dans les détails d'une technique que l'on trouvera exposée tout au long dans les divers traités d'histologie, qu'il nous suffise de rappeler que les colorants dont on fait usage se divisent : en colorants acides, basiques et neutres. Ces termes, toutefois, ne correspondent pas à des propriétés comparables à celles des expressions analogues de la chimie minérale.

Les colorants acides (éosine, orange G, vert lumière, Van Gieson, etc.) se fixent en général sur le cytoplasma, et on appellera acidophile toute granulation cytoplasmique ou nucléaire retenant les principes acides.

Les colorants basiques (safranine, violet de gentiane, rouge Magenta, thionine, bleu de Unna, hématoxyline, toluidine, etc.) se fixent sur le noyau, et on nommera basophile toute différenciation nucléaire ou cytoplasmique retenant les colorants basiques.

Les colorants neutres que l'on obtient par le mélange d'une solution acide et d'une solution basique, comme le mélange triacide d'Ehrlich, agissent sur certaines enclaves cytoplasmiques et sur certaines granulations observées dans les leucocytes du tissu sanguin.

Les notions précédentes sont surtout théoriques, et il y aurait une singulière illusion à s'imaginer que ces connaissances suffisent amplement pour mettre en évidence l'ensemble des détails que nous avons signalés dans la structure cellulaire. En histologie, comme en chimie, comme en physique, rien ne vaut les séances du laboratoire, complément nécessaire de tout enseignement théorique dans les sciences expérimentales.



DEUXIÈME PARTIE

ORIGINE DE LA CELLULE

La question qui fera l'objet de cette deuxième partie est relative à la naissance de la cellule, et, par le fait même, à l'origine de la vie. Après avoir rappelé les cosmologies anciennes, nous exposerons les diverses tentatives pour la reproduction expérimentale de la cellule. Nous ajouterons un chapitre sur les fécondations artificielles et sur l'harmonie possible entre la foi et la science. Enfin, après avoir résumé notre travail, nous en retirerons une conclusion générale basée sur des considérations d'ordre uniquement scientifique.

CHAPITRE Ier

La formation du monde et les cosmologies anciennes.

I. — Considérations générales.

Avant d'examiner les théories plus récentes de l'origine de la vie, il nous a paru tout d'abord intéressant de rechercher quelle conception se faisaient les anciens des premières manifestations vitales.

Il est même permis d'assurer que le premier problème que les plus anciennes sectes philosophiques se sont efforcées de résoudre est assurément celui de l'origine et de l'ordre actuel du monde physique, ou comme on le disait alors, de la nature.

Une des plus anciennes écoles philosophiques de l'Inde, celle où le génie oriental s'est développé avec le plus de liberté et de puissance, l'école sânkhya, pose à l'origine des choses une matière primitive qu'on appelle prakriti. C'est l'être non encore déterminé, renfermant en soi toutes les formes de l'existence sans en revêtir aucune. La matière du système sânkhya, ce n'est point la nature visible, l'univers matériel, lequel est un univers parfaitement déterminé; c'est la nature invisible; c'est la matière indéterminée, antérieure à toutes les forces, soit corporelles, soit spirituelles. La preuve, c'est que le second principe placé par l'école sânkhya après la matière, c'est l'intelligence, boudhi; et le troisième principe placé après l'intelligence, c'est la conscience, akankara, l'intelligence étant ici une première détermination de la matière, et la conscience une détermination de l'intelligence elle-même.

Si des Indes nous passons à la Grèce, nous voyons le problème de l'origine du monde envisagé différemment suivant les sectes philosophiques de ces temps reculés. Après avoir examiné les solutions proposées par les plus célèbres d'entre elles et par les principaux philosophes anciens dont l'histoire nous a transmis les théories et les noms, nous discuterons les solutions mises en avant par les biologistes actuels et nous serons certainement amenés à conclure à la nécessité d'une création.

En empruntant à divers articles du dictionnaire des sciences philosophiques la plupart des détails qui vont suivre, nous avons eu surtout pour but de donner un court résumé des théories anciennes sur la formation et la constitution de l'univers.

II. — L'école d'Ionie.

Le premier axiome de l'école ionique, c'est que rien ne peut naître du néant, que rien de ce qui est ne peut s'anéantir et que tout commencement d'être n'est qu'un changement. Ses disciples admettent donc une matière éternelle qui est devenue ce que nous voyons aujourd'hui et qui pourra elle-même se transformer et devenir autre chose. C'est elle qui, par ses développements et ses transformations incessantes, engendre tout ce qui existe : les êtres inanimés, les animaux, les hommes et même les dieux. Toutefois, cette substance unique, cette force primordiale, cause de tous les êtres et de tous phénomènes, n'est pas conçue de la même manière par tous les philosophes de cette école.

Pour Thalès de Milet, l'eau est le principe

premier des choses et voici, si nous en croyons Plutarque, sur quelles observations il fondait son hypothèse :

1° L'eau est la source de l'humidité, et l'on remarque que la semence de tous les animaux est humide. Or, si les animaux naissent de l'humidité, pourquoi n'en serait-il pas ainsi de l'univers tout entier ?

2° L'humidité est nécessaire à la nourriture et à la fécondité des plantes comme à la semence des animaux, car nous les voyons périr dès qu'elles se dessèchent.

3° La chaleur même du soleil et des astres semble se nourrir des vapeurs de la terre, c'est-à-d re de l'humidité. A ces trois arguments, Simplicius, dans son *Commentaire sur la Physique d'Aristote*, en ajoute un quatrième : que l'eau admet facilement toutes les formes, et, par conséquent, que ce sont les formes diverses de ce corps unique que nous prenons pour des corps différents.

L'eau étant la seule matière ou la semence de l'univers, c'est en se raréfiant et en se condensant qu'elle produit tous les corps. A son plus haut degré de dilatation, elle est le feu ; à son plus haut degré de condensation, la terre ; l'air tient le milieu entre ces deux extrêmes.

Thalès est un physicien. Il recherche la matière première ou, pour parler son langage, la semence de l'univers ; mais il ne niait en aucune façon l'intervention d'une puissance immatérielle. Tout au contraire, selon le témoignage de nombreux auteurs de l'antiquité, à qui nous devons la connaissance de sa doctrine, il ne concevait pas le mouvement sans une force motrice vivante qu'il se représentait comme une âme ou comme une divinité, en un mot comme une puissance invisible.



ARISTOTE
(384-322 AV. J.-C.)
(Larousse illustré).

Mais un autre philosophe de l'école ionienne, Anaximandre, disciple et ami de Thalès, et né comme lui à Milet, vint modifier considérablement la solution apportée par son maître au problème cosmogonique. Pour Anaximandre, le principe des choses est l'infini. Maintenant, qu'entendait-il par l'infini ? Voulait-il parler de l'eau, de l'air ou d'un autre élément ? C'est un point que, d'après Diogène, il laissa sans détermination précise. Toutefois, Aristote essaye de rendre compte de l'infini d'Anaximandre en disant que c'est une sorte de chaos primitif. Un dégagement s'opéra, grâce au mouvement éternel, attribut de ce chaos primitif, et ce dégagement amena, comme résultats graduellement obtenus, la séparation des contraires et l'agrégation des éléments de nature similaire. C'est ainsi que toutes choses furent formées. Toutefois, cette formation ne s'opéra pas instantanément : elle fut successive, et ce ne fut que par une série de transformations que les animaux, et notamment l'homme, arrivèrent à revêtir leur forme actuelle.

La ville de Milet, qui déjà avait vu naître Thalès et Anaximandre, fut encore la patrie d'Anaximène, dont le système cosmogonique se rapprocha plutôt de celui de Thalès. Il abandonna l'hypothèse de l'infini pour se ranger avec Thalès à la doctrine d'un élément unique, considéré comme élément générateur. Cet élément, c'est l'air, auquel Anaximène assigna pour attributs fondamentaux l'immensité, l'infinité et le mouvement éternel. En vertu de son infinité, l'air est tout ce qui existe et peut exister ; il remplit l'immensité de l'espace ; il exclut tout être étranger à lui. En vertu de son mouvement éternel et nécessaire, l'air subit une série de dilatations et de condensations qui produisent, d'un côté, le feu ; de l'autre, la terre et l'eau, lesquelles, à leur tour, donnent naissance à tout le reste. Toutefois, il faut se garder d'envisager la production du feu, de l'eau et de la terre, comme une transformation de la substance primitive en substances hétérogènes. Dans le système d'Anaximène, en effet, la substance primordiale ne s'altère pas à ce point, et lorsque par l'effet de la dilatation ou de la condensation, elle donne naissance au feu, à l'eau, à la terre, on ne doit voir là qu'un changement de formes, la substance demeurant une et identique, et cette substance, c'est l'air, principe d'où tout émane et où tout retourne.

Pour Héraclite, le feu est l'élément générateur, et c'est de ses transformations, soit qu'il se raréfie, soit qu'il se condense, que naissent toutes choses. Le feu, en se condensant, devient vapeur ; cette vapeur, en prenant de la consistance, se change en eau ; l'eau, par l'effet d'une nouvelle condensation, devient terre.

C'est là ce qu'Héraclite appelle le mouvement de haut en bas. Inversement, la terre, en se raréfiant, se change en eau, de laquelle vient à peu près tout le reste, par le moyen d'une évaporation qui s'opère à sa surface; et c'est ici le mouvement de bas en haut. Ajoutons que le feu n'est pas seulement principe vivificateur, il est encore agent destructeur. L'univers a été produit par le feu, et c'est par le feu qu'il doit se dissoudre et s'anéantir.

Quant à la cause première des changements qu'a subis et que doit subir encore l'univers, Héraclite n'en détermine aucune autre que le destin. En vertu des lois du destin, toutes choses sont sujettes à une incessante mobilité et à un perpétuel écoulement. La nature entière ressemble à un fleuve qui s'écoule sans cesse. L'origine de tous ces changements, c'est l'action de deux principes opposés l'un à l'autre : la guerre ou la discorde, qui produit la génération; et la paix ou la concorde, qui produit l'embrasement universel. Cette dernière proposition offre au premier coup d'œil quelque chose de bizarre et de paradoxal. On a peine à comprendre que la discorde puisse être principe de génération et la concorde principe de destruction. Mais cette contradiction n'est qu'apparente. Elle s'explique par l'ensemble du système cosmogonique d'Héraclite. Car d'abord, pour constituer la variété de l'univers, il a fallu que le feu, élément primordial et générateur, subît plusieurs transformations distinctes les unes des autres et devînt, par une série de modifications successives, vapeur, eau, terre. Or, ces transformations n'ont pu s'opérer que sous l'action d'un principe d'altération, et c'est ce qu'Héraclite, dans son langage métaphorique, appelle la guerre, la discorde. Pour que cette variété cesse d'être et pour que tout revienne à l'état primitif, qui est l'état d'ignition, il faut bien que ce qui est multiple se convertisse à l'unité, ce qui est divers à la ressemblance, ce qui est distinct à l'identité. Il faut, en un mot, que tout retourne à l'unité de l'état originel, et ce retour ne peut s'opérer que sous l'action d'un principe d'assimilation, d'affinité, la paix, la concorde.

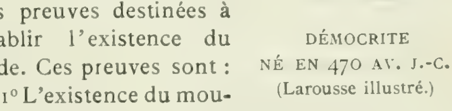
III. — L'École atomistique d'Abdère.

Cette école, contemporaine de la précédente, s'en distingue en ce qu'elle admet, non plus un seul, mais une multitude d'éléments premiers. D'après elle, le monde résulte d'une infinité d'atomes qui, se groupant de mille manières, réalisent l'infinie variété des êtres et des phénomènes.

Des atomes, du vide et du mouvement, tels sont, pour les philosophes de cette école, les trois principes des choses; aussi sont-ils appelés mécanistes, par opposition aux philosophes de l'école d'Ionie, qui sont plutôt dynamistes.

Les principaux d'entre eux sont Leucippe et Démocrite.

On ne sait rien sur la vie de Leucippe; mais le seul fait que nous puissions affirmer avec confiance, parce qu'il est attesté par toute l'antiquité, c'est que Leucippe a été le créateur de la philosophie atomistique dans la Grèce, et que c'est lui qui en a fourni à Démocrite les principaux éléments.



DÉMOCRITE
NÉ EN 470 AV. J.-C.
(Larousse illustré.)

Toute la doctrine de Leucippe, comme celle de Démocrite, se fondait sur l'existence du vide et celle des atomes. C'est même lui seul, à ce qu'il paraît, qui a trouvé les preuves destinées à établir l'existence du vide. Ces preuves sont :

1° L'existence du mouvement, qui, en l'absence du vide, est tout à fait inconcevable et impossible;

2° La compressibilité de certains corps, comme, par exemple, le vin renfermé dans une outre;

3° Ce fait, qu'on a beau entasser des cendres dans un vase, il y reste toujours assez de place pour y faire pénétrer une certaine quantité d'eau;

4° La nutrition des animaux, qui suppose assez de place entre les éléments des corps vivants pour y laisser pénétrer des éléments nouveaux.

De ces divers phénomènes, il tirait la conclusion que le non-être existe aussi bien que l'être, ou le vide aussi bien que le plein, et que ces deux choses se pénètrent l'une l'autre.

De cette pénétration mutuelle du vide et du plein, résulte nécessairement la divisibilité de la matière; mais cette divisibilité a des li-

mites, autrement il n'y aurait que du vide dans la nature.

Le nombre des atomes est infini, aussi bien que le vide dans lequel ils nagent et où ils forment par leur rencontre toutes les parties de l'univers.

Les qualités qui appartiennent aux atomes paraissent avoir été nettement déterminées par Leucippe et conservées par Démocrite. Elles sont au nombre de trois : la solidité, la figure et le mouvement. La première de ces qualités est indestructible, la seconde varie à l'infini; enfin le mouvement, qui est également essentiel à tous les atomes, est cependant plus ou moins précipité selon leur forme. La forme ronde lui est plus favorable que les autres; de là vient que les corps les plus actifs et qui paraissent être les moteurs des autres sont composés d'atomes ronds.

A cette doctrine se rattache celle de la vie, ou celle qui identifie la vie avec la respiration, qui la fait consister dans un flux et reflux d'atomes ronds.

Mais c'est à Démocrite qu'il appartenait de faire sortir de ces grossières suppositions tout un système cosmogonique.

Comme Leucippe, il n'admet comme principes de l'univers et seules conditions de toute existence que deux éléments : les atomes et le vide.

Les atomes sont infinis en nombre comme le vide en étendue. Ils ont toujours existé et ne seront jamais détruits, conformément à ce principe implicitement reconnu par tous les anciens, mais exprimé pour la première fois, peut-être, par Démocrite d'une manière claire et précise, que rien ne peut venir du néant ni se perdre en lui. Quoiqu'ils possèdent les deux qualités essentielles de la matière, l'étendue et la solidité, les atomes ne sont pourtant pas accessibles à nos sens; nous ne les voyons que par la raison, nous les concevons comme les éléments nécessaires de tous les corps, c'est-à-dire de tous les êtres.

Outre la solidité qui suppose nécessairement l'étendue, Démocrite attribuait encore aux atomes la figure qu'il faisait varier à l'infini, mais non la pesanteur comme le prétend Aristote.

L'un des points les plus obscurs du système de Démocrite, c'est la manière dont il explique le mouvement. Voulant rendre compte de l'existence de tous les êtres par des lois purement mécaniques et où, par conséquent, le mouvement devait jouer un grand rôle, il doit se demander d'où vient ce phénomène. Il n'est pas inhérent à l'essence de la matière, et n'est pas compris parmi les propriétés fondamentales des atomes. Il n'est point produit par une cause première distincte du monde, par un moteur spirituel comme celui qu'admettait Anaxagore. Démocrite le regardait comme éternel, sans s'inquiéter ni de son principe ni de son origine. De ce qu'il existe maintenant, il en concluait qu'il a toujours existé, aussi bien que le temps, qui n'a pas non plus été créé.

Quoi qu'il en soit, le mouvement et les atomes suffisent à Démocrite pour rendre compte de tous les phénomènes et de la formation même de l'univers sans le secours d'aucune Providence ni d'aucune cause intelligente, sans obéir à d'autres lois qu'à celles d'une aveugle nécessité. Tous les corps dont l'univers est l'assemblage se forment par la combinaison des atomes; ils périssent sans changer de nature quand les atomes se séparent; ils s'altèrent quand les atomes changent de position, et leur variété s'explique par la variété qui existe dans la figure des atomes, par la différence de leur rang et de leur position. Ainsi naissent et périssent, non seulement les êtres qui peuplent notre planète, mais des mondes sans nombre, dont les uns se ressemblent, dont les autres offrent entre eux les plus grandes différences. La terre a été formée la première : d'abord, petite et légère, elle errait dans l'espace; mais, grossie peu à peu par l'agglomération des atomes, elle finit par arriver au centre du monde et y reste fixée par sa forme, qui est celle d'un cylindre creusé en dessous.

La physique et même la psychologie de Démocrite sont fondées sur les mêmes principes que sa cosmologie. Qu'est-ce qui fait la différence des quatre éléments dont se compose toute la nature? Rien que la figure et le volume des atomes. Les plus petits, et par conséquent les plus légers, sont ceux qui entrent principalement dans la substance de l'air; les plus grands et les plus lourds forment la terre et l'eau; enfin, le feu se compose d'atomes ronds et aussi petits que ceux de l'air.

L'âme est de même nature que le feu; elle se compose d'atomes ronds et subtils qui, par leur légèreté et par leur forme, ont la propriété de se glisser dans toutes les parties

du corps et de les mettre en mouvement, et avec le mouvement, ils leur donnent aussi la chaleur, la vie et la sensibilité. Il y a de tels atomes répandus dans toute la nature; ils sont en quelque sorte l'âme de l'univers, ils s'introduisent non seulement dans l'homme et dans les animaux, mais aussi dans les plantes; enfin, ils se conservent et se renouvellent en partie par la respiration. En effet, en nous pressant de toutes parts, les corps qui nous environnent expriment de notre propre corps une partie de ces atomes précieux par lesquels nous vivons et nous pensons; mais comme il y a des atomes semblables répandus autour de nous, ceux-ci, entrant dans notre poitrine par la respiration, n'ont pas seulement pour effet de réparer la perte que nous avons faite, mais ils ferment le passage aux particules vitales qui nous restent et les empêchent de se répandre dans l'espace. Aussitôt que ce mouvement de résistance est vaincu, l'animal a cessé de vivre.

La conséquence la plus immédiate de cette doctrine, c'est que l'âme est périssable comme le corps. C'est la même âme ou, si l'on veut, les mêmes atomes qui servent aux phénomènes de la vie et de la pensée. Cependant Démocrite a donné pour siège aux derniers la poitrine, et aux premiers toutes les autres parties du corps. Mais qu'est-ce que la pensée dans une âme purement matérielle? Evidemment, elle ne saurait se distinguer d'une manière essentielle de la sensation, et ce dernier phénomène, par quelque sens qu'il nous arrive, doit toujours se réduire à une sorte de toucher. C'est en effet l'opinion que soutient Démocrite. Il suppose que les corps laissent constamment échapper de leurs surfaces certaines émanations qui en sont la représentation exacte. Ces petites images, ou, comme on les appelle plus ordinairement, ces idoles, formées à l'égal du reste par une combinaison d'atomes, se glissent par le canal des sens jusqu'à l'âme et lui font connaître en la touchant les objets qu'ils représentent. C'est ainsi que nous percevons, non seulement la forme des corps, mais leurs diverses propriétés comme les couleurs, les odeurs, les sons, le froid et le chaud. Pour Démocrite, ces propriétés sont des combinaisons purement mécaniques des atomes. Ainsi le chaud, c'est une combinaison d'atomes ronds; le noir, c'est le raboteux pour l'œil; le blanc, c'est le poli pour ce même organe; les saveurs âcres sont une combinaison d'atomes anguleux, etc. Il faut seulement remarquer que chaque organe des sens a son rôle particulier dans la transmission des idoles : l'oreille est nécessaire pour donner passage à l'air, au moyen duquel nous arrivent les sons; c'est également une image formée d'air qui, s'appliquant sur l'œil, avec la substance duquel elle a beaucoup d'analogie, nous donne l'idée des couleurs et des formes visibles; enfin, le tact, l'odorat et le goût semblent se confondre en un sens unique.

A côté des philosophes dont nous venons de résumer les idées cosmologiques, il convient de citer Anaxagore et Empédocle, esprits supérieurs qui résument, dans une synthèse harmonieuse, les résultats épars et même discordants de plusieurs écoles et qui, pour cette raison, n'appartiennent exclusivement à aucune.

Anaxagore, Ionien par le lieu de sa naissance et aussi par ses maîtres, admettait avec toute l'antiquité ce principe : que rien n'est produit, que rien ne peut s'anéantir d'une manière absolue; par conséquent, il regardait la matière comme une substance éternelle et nécessaire, quoique essentiellement variable par sa forme et la combinaison de ses éléments. Mais les seules propriétés de la matière lui semblaient insuffisantes pour expliquer le mouvement et l'harmonie générale du monde; le hasard, pour lui, c'était le nom sous lequel nous déguisons notre ignorance des causes; et quant à cette nécessité aveugle dont les autres philosophes se contentaient si facilement, il en niait l'existence. De là un dualisme entièrement inconnu jusqu'alors et qu'Anaxagore lui-même, en tête de l'un de ses ouvrages, a formulé ainsi : « Toutes choses étaient confondues, puis vint l'intelligence qui fit régner l'ordre. » Cette intelligence ne représente pour Anaxagore ni le dieu de la raison ni celui de la conscience; ce n'est qu'un humble ouvrier condamné à travailler sur une matière toute prête, obligé de tirer le meilleur parti possible d'un principe éternel comme lui, et dont les propriétés imposent à sa puissance une limite infranchissable.

Ainsi renfermé dans une sphère nécessairement très restreinte, l'esprit d'Anaxagore a deux fonctions à remplir, parce qu'il y a deux choses que les propriétés physiques ne sauraient jamais expliquer : 1° l'action qui déplace les éléments matériels, qui les réunit ou les

sépare, qui leur donne constamment ou leur a donné une première fois le mouvement; 2° la disposition des choses selon cet ordre admirable qui éclate à la fois dans l'ensemble et dans chaque partie de l'univers. Considéré comme moteur universel, comme la cause première des révélations générales du monde et des changements, des phénomènes particuliers dont il est le théâtre, l'esprit ne peut pas faire partie du monde, il ne peut être mêlé à aucun de ses éléments, il est à l'abri de toute altération et doit être conçu comme une substance entièrement simple, qui existe par elle-même et qui ne relève que de sa propre puissance.

La matière, dans le système d'Anaxagore, n'est pas représentée par un principe unique ou par un seul élément qui, sans cesse, change de nature et de forme, comme l'eau dans la doctrine de Thalès; l'air dans celle d'Anaximène, et le feu dans celle d'Héraclite; il y voyait, au contraire, un nombre infini non seulement de parties très distinctes les unes des autres, mais de principes véritablement différents, tous inaltérables, indestructibles, ayant toujours existé en même temps. Ces principes qui, par la variété infinie de leurs combinaisons, engendrent tous les corps, portent le nom d'homéoméries. La prépondérance des principes d'une même espèce est la condition qui détermine la nature particulière de chaque être. Les homéoméries étant d'une petitesse infinie, leurs propriétés ne sont pas appréciables pour nous quand on les considère isolées les unes des autres et en petite quantité; dans cet état, elles échappent entièrement à nos sens et n'existent qu'aux yeux de la raison.

Parmi ces principes si variés, les uns devaient concourir à la formation de la couleur, les autres à la formation de la substance des corps. De là résulte que pour chaque couleur, comme pour chaque substance matérielle, il fallait admettre des parties constituantes d'une nature particulière.

Mais tous les principes ayant été primitivement confondus, aucun d'eux ne peut exister entièrement pur.

La confusion des éléments emporte avec elle l'idée d'inertie, et quand l'activité de l'intelligence commença à s'exercer sur la masse inerte et confuse, elle ne fit pas naître sur-le-champ tous les êtres et tous les phénomènes dont se compose l'univers. Ce furent d'abord des masses très confuses qui sortirent les premières de la confusion universelle. Le lourd, l'humide, le froid et l'obscur mêlés ensemble s'amassèrent dans cette partie de l'espace maintenant occupée par la terre; au contraire, le léger, le sec et le chaud se dirigèrent vers les régions supérieures, vers la place de l'éther. Après cette première séparation se formèrent les corps généralement appelés les quatre éléments, mais qui, dans la pensée d'Anaxagore, ne sont que des mélanges où se rencontrent les principes les plus divers. De la partie inférieure de la masse humide pesante et froide qu'il se représentait sous forme des nuages ou d'une épaisse vapeur, Anaxagore fait d'abord sortir l'eau, de l'eau la terre, et de la terre se séparèrent les pierres, formées d'éléments concentrés par le froid. Au-dessus de tous ces corps, dans les régions les plus pures de l'espace est l'éther, lequel, si nous en croyons Aristote, n'est autre chose que le feu. A la formation des éléments nous voyons succéder celle des corps célestes, du soleil, de la lune et des étoiles. L'éther, par la force du mouvement circulaire qui lui est propre, enlève de la terre des masses pierreuses qui s'enflamment dans son sein et deviennent des astres.

Les corps célestes une fois formés, nous voyons naître les plantes, qui ne pouvaient exister auparavant, puisque le soleil en est appelé le père, comme la terre en est la mère et la nourrice. Enfin, après les plantes ou en même temps qu'elles, viennent les animaux engendrés pour la première fois du limon de la terre échauffée par le soleil, et doués, dans la suite, de la faculté de se reproduire.

Quand les animaux et les plantes sont sortis de l'épuration de tous les éléments, le principe intelligent vint, pour ainsi dire, mettre la dernière main à son œuvre. Jusqu'alors l'axe du ciel passait par le milieu de la terre; maintenant la terre est inclinée vers le Sud, et les étoiles prenant, par rapport à nous, une autre place, il en résulta cette variété de température et de climats, sans laquelle plusieurs espèces de plantes et d'animaux étaient vouées à une destruction inévitable. Un tel changement, ajoutait Anaxagore, est au-dessus de toutes les forces physiques et ne peut s'expliquer que par une sage intervention de la cause intelligente.

Un autre philosophe, qui mérite une place à part dans l'étude de ces cosmologies, c'est

Empédocle d'Agrigente qui, à la fois prêtre et médecin, mérita les éloges de Platon et d'Aristote et fut chanté par Lucrèce.

Sa doctrine part de ce principe, accepté de toute antiquité, que la matière du monde est éternelle, que cette matière se transforme sans jamais cesser d'être la même, que rien ne naît, rien ne périt absolument. A l'origine donc était l'unité, sphère bien arrondie, partout égale à elle-même et immobile. Empédocle l'appelle Spherus. D'une part, le Spherus est la matière du monde, il en contient les formes variées, les qualités multiples, les éléments divers. Seulement, dans son sein infini, nulle diversité n'éclate encore. Tout est maintenu dans l'unité par une force de laquelle toute unité dérive. Cette force est l'amitié, l'harmonie, Venus, Cypris, la source de toute beauté comme de tout bien. D'autre part, le Spherus est l'amitié elle-même, le principe même de l'unité qui est en lui, une force agissante, un dieu. Voilà ce qu'Aristote appelle le mélange d'Empédocle, qui contient le monde en puissance; à la fois matière, cause et effet.

Avec l'amitié seule, nul mouvement n'aurait lieu, et le monde serait impossible. Il faut un principe distinct et même opposé. Ce principe est la discorde, Mars, cause de tout mal, le dieu de la guerre qui divise et qui sépare. D'après des lois fatales et immuables, à un moment donné, l'amitié dut céder l'empire à la discorde. A l'instant, la division s'introduisit dans le Spherus. Les éléments confondus se séparèrent. L'air sortit le premier, de l'air comprimé jaillit le feu. L'eau et la terre, encore indistinctes, continuaient de s'agiter. Leur mouvement même les sépara.

Les quatre éléments : le feu, l'air, l'eau et la terre sont irréductibles l'un à l'autre, égaux en puissance et en dignité. Ils sont simples, c'est-à-dire parfaitement homogènes. Ils sont composés, c'est-à-dire formés de particules infiniment petites, qui sont les éléments des éléments eux-mêmes. Enfin, les vrais éléments ne sont pas ceux que nos sens grossiers perçoivent. Ce sont des êtres vivants d'une nature plus élevée que les êtres humains; ce sont des dieux. Le feu, c'est Jupiter; l'air, c'est Junon qui porte la vie; la terre, Pluton; l'eau, Nestis éplorée qui arrose tout ce qui est mortel. Tels sont les caractères généraux des éléments. Voici leurs caractères particuliers : la terre et l'air, le feu et l'eau sont opposés deux à deux. La terre est dure et pesante, l'air est mou et léger; le feu blanc et chaud; l'eau est noire et froide. Le feu s'oppose aussi aux trois éléments pris ensemble.

Une fois dégagés du sein du Spherus, les quatre principes ennemis se tiennent isolés les uns des autres : le feu au-dessus, l'air sous le feu, l'eau et la terre dans la partie inférieure. Agités de mouvements divers, ces éléments tourbillonnent, sous l'influence de la discorde, dans un immense chaos. Or, c'est une loi de la nécessité, loi inflexible et éternelle, que l'amitié et la discorde aient alternativement l'empire du monde; que le mouvement succède au repos, le repos au mouvement; que tour à tour les éléments se combinent et se séparent; que tout passe de l'un au multiple et retourne du multiple à l'un. Donc, lorsque le temps fatal fut arrivé, la discorde fit un mouvement en arrière et l'amitié vint se poser au centre du tourbillon. A mesure qu'elle étendait son influence, la discorde reculait devant elle : elle recula jusqu'à l'extrémité du tourbillon. Là, elle continua d'occuper certaines parties qui restèrent séparées de l'ensemble; les autres s'associèrent et se réunirent sous l'influence de l'amitié. L'air pénétra en sifflant jusque dans les entrailles de la terre. Le feu brûla jusque dans les profondeurs de l'Océan. A leur tour, ces composés se combinèrent semblables entre semblables; l'humide avec l'humide, le rude avec le rude, le chaud avec le chaud. Voici comment ces combinaisons se sont formées. Tous les objets de la nature envoient hors d'eux certaines émanations ou effluves qui sont leurs parties pleines et solides. De même, tous les objets de la nature sont poreux. Entre leurs parties pleines sont certains interstices, qui, en s'ajoutant les uns aux autres, forment des conduits intérieurs appelés pores. Les parties solides ou effluves sont de diverses grosseurs pour les différents objets, et, dans chaque objet, la grandeur des pores dépend de la grosseur des parties solides. De sorte que les effluves de tel objet sont facilement reçues par les pores d'un objet de même nature, mais non par les pores d'un objet de nature différente ou opposée. C'est la convenance des pores et des effluves qui constitue ce qu'on appelle les affinités des objets physiques et les sympathies des êtres moraux. C'est elle qui rend possible le mélange des différentes substances, et c'est ce mélange bientôt détruit qui explique tous les phénomènes possibles, les jeux variés de

la nature, l'accroissement et le dépérissement des individus, leur naissance, leur mort.

Toutefois, ce mélange, ou, pour parler plus rigoureusement, cet assemblage de parties, ne suffit pas pour tout expliquer. La vaste harmonie de l'univers, les organes des plantes et des animaux ne résultent pas même d'un simple mélange. Jusque dans ses moindres détails, le monde porte la trace d'une intelligence qui a tout ordonné pour une bonne fin.

Le monde, assemblage fortuit d'éléments réunis par l'amitié, ne fut d'abord qu'une masse informe sans harmonie et sans beauté. Point d'astres au ciel, point de plantes ni d'animaux sur la terre, rien de solide et rien de liquide; tout était mêlé et confondu. Peu à peu, du mouvement des éléments l'ordre naquit. C'est alors que le ciel se divisa en deux régions : celle des nuages et celle du feu. Les astres brillèrent. Le soleil, dardant ses rayons, perça les nuages et échauffa la terre. Des plantes et des animaux parurent, êtres incomplets et de formes bizarres qui se complétèrent avec le temps.

Les astres sont des amas de feu, les uns fixés à la voûte du ciel, les autres libres et errants. Quoique la lumière soit composée d'effluves de feu, le soleil n'est pas lumineux par lui-même. Placé à la limite inférieure du ciel, il ne fait que refléter la pure lumière qu'il reçoit de l'Olympe. Il est de même grandeur que la terre, et en est deux fois plus éloigné que la lune.

Celle-ci est un globe d'air congelé et sa lumière vient du soleil.. Son char rase l'extrémité supérieure de la région terrestre. C'est elle qui produit les éclipses de soleil en s'interposant entre le soleil et la terre.

Quant à la mer, elle représente la sueur de la terre, provoquée par l'action du soleil ; c'est pourquoi elle est salée. Les sources d'eau chaude sont produites par des courants d'eau en contact avec des feux souterrains. Ce sont aussi des feux souterrains qui expliquent la formation des roches et des métaux.

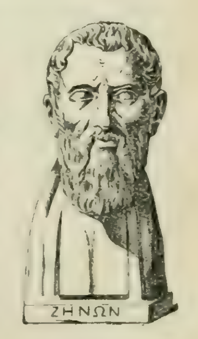
Les plantes sont les plumes et les poils de la terre. Nées spontanément, ainsi que les animaux, elles ne sont elles-mêmes que des animaux avortés. La terre, encore faible à l'origine, ne produisait que des plantes; dans sa force, elle produisait des animaux, non pas d'abord des animaux entiers, mais des membres isolés : des yeux sans visage, des têtes et point de cerveau, des bras qui erraient sans être attachés à une épaule. Sous l'action continue de l'amitié, ces membres isolés se réunirent, mais au hasard : une tête d'homme avec un corps de bœuf, et ainsi du reste. Tous ces monstres restèrent inféconds et périrent. Enfin, après bien des combinaisons, il se forma des composés capables de se conserver et de se reproduire. Ailleurs, on raconte qu'il sortit de terre certains types d'homme à l'état brut, statues à peine ébauchées, sans visage et sans voix, qui furent ornés et embellis par l'influence de Vénus.

L'accroissement des plantes et des animaux n'est qu'une suite de cette loi des affinités que le semblable cherche son semblable; ainsi le feu s'unit au feu, la terre à la terre, le tout en vertu de la loi des pores et des effluves. Lorsque le semblable manque au semblable, il y a appétit. Lorsqu'ils s'unissent, il y a plaisir. L'union des contraires produit la douleur.

Empédocle examine ensuite les mystères de la génération et cherche à en donner une explication. Il avait cru remarquer qu'il n'est pas une seule plante qui ne soit en même temps mâle et femelle, et il raconte que, dans les temps primitifs, l'homme et la femme ne faisaient qu'un seul être. Seulement, la partie mâle tenait plus du principe igné ; la partie femelle tenait plus du principe humide. Ces deux moitiés se séparèrent, et, depuis lors, elles cherchent constamment à se réunir.

IV. — L'École d'Elée.

Les philosophes de cette école, représentée surtout par Xénophane, Parménide et Zénon, inclinèrent plutôt vers un idéalisme exagéré contrastant avec le matérialisme de l'école d'Abdère. Nous nous contenterons d'exposer le fond commun de leur conception cosmologique, sans nous arrêter aux variations particulières apportées par chacun.



ZÉNON
(Ve S. AV. J.-C.)
(Larousse illustré)

Il y a deux sortes de connaissances : les unes qui nous viennent par l'intermédiaire des sens, les autres que nous devons à la raison seule. La science qui se compose des premières n'est qu'une illusion ; elle ne contient rien de vrai, de fixe, de durable, de certain; elle n'est qu'une chimère et une apparence. La

seule science véritable est celle qui ne doit rien aux sens, mais tout à la raison. Il faut laisser au vulgaire, aux hommes légers, aux enfants, la croyance à la réalité des apparences sensibles; mais le sage, le philosophe, celui qui veut atteindre le fond des choses, ne doit en appeler qu'à la raison.

Ce point de départ une fois établi, voici ce que l'on peut admettre sur la physique et la cosmologie.

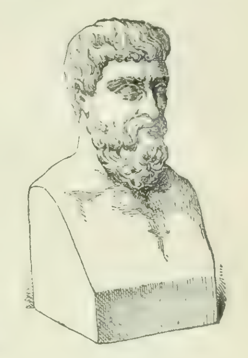
Il y a deux principes dans la nature : d'un côté, le feu ou la lumière; de l'autre, la nuit ou la matière épaisse et lourde. Ces deux principes sont distincts, mais non séparés; ils agissent de concert avec une inégalité variable, et leur rôle dans le monde est perpétuel et universel : la lumière produit le chaud, le léger, le rare; et la nuit le froid, le lourd et l'épais. Le monde est divisé en trois parties, et c'est au milieu de ces trois parties que la nécessité règne en souveraine : la limite du monde aboutit à un cercle de lumière qui en est comme la ceinture. La voie lactée est un cercle, et c'est d'elle que sont sortis le soleil et la lune. Les astres ne sont que du feu condensé, et la terre est le corps le plus dense et le plus lourd. Elle est ronde et se trouve placée par son propre poids au centre du monde. Les hommes sont nés de la terre échauffée par les rayons solaires; et dans l'homme, la pensée est un produit de l'organisation. Ainsi ont commencé les choses que nos sens nous démontrent, et qui périront un jour.

Mais dans tout cela, il n'y a rien qui se rapporte à la science véritable. Ce que la raison, qui est la source exclusive de toute certitude, conçoit et reconnaît comme absolument vrai, c'est l'être, mais l'être en soi, c'est-à-dire dégagé de toute circonstance, modification ou accident particulier, passager, périssable.

Ce système, on le voit, n'est autre chose que l'idéalisme sous sa forme la plus exclusive et la plus absolue. Son premier tort est de nier la réalité sensible en s'appuyant sur la prétention arbitraire et illégitime qui refuse toute certitude aux données des sens. Son second tort est de confondre les généralisations abstraites que fait la raison sur les données de l'expérience avec les principes que la raison applique dans toutes ses opérations, mais qu'elle ne doit qu'à elle-même, et qu'on nomme les idées nécessaires.

V. — Système d'Epicure et de Lucrèce.

Epicure, qui tenait déjà de Démocrite sa théorie de la connaissance sensible, lui emprunta encore sa doctrine des atomes, non toutefois sans la modifier sur plusieurs points.



ÉPICURE
(341-270 AV. J.-C.)
(Larousse illustré.)

Démocrite n'avait accordé à ses atomes que les propriétés sans lesquelles la matière est impossible, savoir : la forme et la solidité. Il est également certain qu'il ne leur attribuait que trois sortes de mouvements : le mouvement oscillatoire, qui seul est essentiel et primitif; le mouvement rectiligne, qui résulte du choc, et le mouvement circulaire. Mais, avec de tels éléments, comment expliquer la formation du monde? Démocrite a recours à la dernière raison des physiciens et des poètes antiques : la fatalité. Epicure veut y échapper à tout prix. Pour cela, que fait-il? A la forme et à la solidité, qualités essentielles des atomes, il ajoute la pesanteur. Cette simple addition est un changement total. Si les atomes sont doués de pesanteur, outre les trois sortes de mouvements indiqués par Démocrite, il faut en reconnaître un quatrième qui enveloppe et absorbe les trois autres, le mouvement vertical. De toute éternité, les atomes tombent dans le vide avec une vitesse égale et parallèlement les uns aux autres. Or, s'il en est toujours ainsi, la rencontre des atomes est impossible, et, pour expliquer le monde, il ne restera qu'à opter entre l'intervention de la Providence et celle du destin. Mais Epicure suppose qu'à un certain moment de leur chute les atomes, dont quelques-uns présentent des aspérités et les autres sont lisses, dévient naturellement et spontanément de la verticale, qu'il y a un petit mouvement de déclinaison et, comme dit Leibniz, un petit détour au moyen duquel ils se rencontrent, se combinent de différentes manières et forment le monde avec tout ce qu'il contient. Le monde ainsi formé se maintient par les mêmes moyens. Les atomes, en vertu de la force qui leur est inhérente, agissent les

uns sur les autres, se repoussent et s'attirent. On conçoit, en effet, que les atomes qui présentent des aspérités s'accrochent aisément, tandis que les autres se repoussent. Quand le temps et le hasard ont amené les combinaisons propices, les mondes commencent d'exister. De là, les jeux variés de la nature et les innombrables transformations que subissent les corps. Pour expliquer tous les phénomènes, c'est assez du vide, des atomes et de leurs mouvements. Les écrits d'Epicure n'étant pas parvenus jusqu'à nous, c'est au poète latin Lucrèce que nous devons d'avoir pu les reconstituer en partie. Son poème *De Naturâ rerum* a pour sujet l'explication de l'origine et de la formation du monde et de tous les phénomènes dont il est le théâtre, par les principes de la philosophie d'Epicure. C'est une exposition complète du système des atomes, dont les mouvements, dans le vide infini, donnent naissance à tous les êtres et produisent en eux le flux et le reflux de la vie et de la mort. Les atomes sont éternels; ils préexistent et survivent au monde qu'ils ont formé. Le néant est impossible, suivant l'axiome longuement motivé par le poète:

Nil fieri ex nihilo, in nihilum nil posse reverti.

Le poète expose les propriétés des atomes, les lois et les effets de leurs combinaisons. Il prend un à un les êtres et les phénomènes, rend compte de leur formation et de leurs manifestations successives. Il parcourt les différents règnes de la nature, explique les choses inanimées et la vie, les plantes et les animaux; il marque parmi ces derniers la place de l'homme et prétend expliquer par le mécanisme de ses atomes l'âme elle-même, ses affections et ses pensées. Embrassant le ciel et la terre, il décrit les mouvements et les révolutions des astres, les météores, l'atmosphère, les vents, les orages, et ramène toutes les forces de la nature et leurs effets au jeu et aux combinaisons des atomes.

En réalité, la nature de Lucrèce n'est autre chose que la nécessité. Le hasard amène les rencontres, et la nécessité produit alors ses effets. Ce n'est pas que Lucrèce bannisse du monde la liberté comme il bannit les dieux. Au contraire, il l'accorde même aux atomes, sous la forme de la déclinaison. Et ce mouvement fantasque par lequel les atomes s'écartent un peu de la verticale, sans aucune règle de temps ni de lieu, est toute la liberté des êtres animés. C'est lui qui constitue « cette volonté arrachée aux lois du destin, qui rompt l'enchaînement de la nécessité ».

S'adressant à son ami Memmius, pour qui il écrit son poème *De Naturâ rerum*, il l'engage surtout à ne considérer tous les êtres doués de sensibilité que comme un composé d'éléments insensibles et sans vie. « En effet, dit-il, on peut voir des vers vivants sortir de la fange immonde, quand la terre, détrempée par des pluies excessives, entre en putréfaction.

» Toutes choses se métamorphosent de la même manière. Les eaux des fleuves se changent en feuillage et l'herbe des prairies en troupeaux; les troupeaux transformés deviennent des corps humains. Sans doute, ajoute-t-il plus loin, la pierre, le bois et la terre mélangés ensemble ne peuvent cependant manifester la sensibilité vitale. Il faut donc se rappeler que je ne prétends pas que tous les corps qui contribuent à former les êtres soient propres à engendrer immédiatement des organes doués de la sensibilité. Il importe de savoir d'abord quelles sont les dimensions des corps qui composent ces organes, quelle en est la forme, de quels mouvements ils sont animés, quelles dispositions, quels arrangements ils ont reçus. Or, nous ne voyons rien de ce qu'il faut dans le bois et dans les mottes de terre; et cependant, quand ces corps sont entrés en décomposition par l'effet des pluies, ils enfantent des vermisseaux. Pourquoi? C'est que les éléments de la matière, distraits de leur ancien arrangement par une modification nouvelle, s'agencent de la façon qui convient à la production d'êtres vivants. » Certes, Lucrèce croit à l'éternité de la matière ainsi qu'à sa fin; mais, quant aux moyens mis en œuvre par cette matière pour former le ciel, la terre, les mers profondes, le soleil et la lune qui parcourent l'espace, il lui paraît difficile d'en donner une explication plausible, sauf le hasard des rencontres.

« Il est bien certain, dit-il, que les éléments des corps n'ont pas tenu conseil pour se ranger avec intelligence chacun à leur place et convenir des mouvements que chacun d'eux devait exécuter. Mais, depuis des temps infinis, une multitude d'éléments lancés par des chocs, entraînés par leur poids dans l'espace, se rencontrent de mille manières et essayent de toutes les combinaisons fécondes qu'ils peuvent adopter. Il s'ensuit qu'à la fa-

veur de la durée des temps, à force d'essayer tous les genres de combinaisons et de mouvements, certains principes se trouvent heureusement rassemblés, et leur concours donne soudain naissance à ces grands corps de la terre, de la mer, du ciel, et à toutes les espèces vivantes. En ce temps-là, on ne pouvait distinguer ni ce disque étincelant du soleil qui roule dans l'espace, ni les astres distribués dans l'immensité du monde, ni la mer, ni le ciel, ni la terre, ni l'air, ni rien enfin de semblable à ce que nous voyons. Tout n'était qu'une confusion, un monceau d'atomes récemment amassés. La discorde régnait entre ces éléments disparates; tout était livré au désordre; c'était une mêlée. Il fallait que cette confusion eût un terme. Peu à peu, les parties commencèrent à se distinguer; chaque corps se groupa avec les corps semblables, et des barrières s'établirent dans le monde. Ce grand corps se divisa, et ses membres se détachèrent, c'est-à-dire que la terre se sépara du ciel, qui s'éleva dans l'espace; la mer ouvrit aux eaux ses vastes bassins, où elles se retirèrent, et les feux de l'éther, purifiés de tout mélange, eurent enfin leur séjour à part. »

Lucrèce a vu la nature en poète, et son imagination féconde s'est tout de suite mise à l'aise avec les procédés de la rigueur scientifique. S'il a choisi entre toutes la doctrine atomistique, c'est parce qu'elle lui paraissait expliquer la nature sans le concours des dieux. Il est, en effet, le seul poète de l'antiquité qui ait professé hautement l'athéisme et le matérialisme, et son dessein, hautement avoué et fermement poursuivi, est de détruire tout sentiment religieux; car il n'est pas seulement un athée par rancune, il l'est également par système. Selon lui, la vie, telle que la nature nous l'a faite, nous offre des biens que nous ne savons pas goûter. Pourquoi? C'est que nous nous forgeons mille chimères sur la destinée de notre âme après la mort. Persuadons-nous donc qu'elle doit mourir avec le corps, et nous jouirons dès lors des biens de la vie. Ne croirait-on pas, en lisant ces lignes, entendre certains biologistes modernes, qui ont déclaré dans leurs écrits que ce qui empoisonne pour nous la jouissance de ces biens, c'est la crainte de la mort. Montrons donc, dit Lucrèce, que l'âme est mortelle, et prouvons que les dieux ne se mêlent en rien de ce qui se passe dans l'univers; qu'il s'est formé et se soutient, se détruira et se recomposera sans eux. En réalité, le but poursuivi par Lucrèce en écrivant son poème de la *Nature* était non pas de faire œuvre scientifique, mais d'affranchir les esprits de la crainte des dieux et de la crainte de la mort.

Dans ces conditions, quoi d'étonnant que la doctrine de Lucrèce n'ait jamais été considérée que comme une œuvre d'imagination incapable de résister au moindre examen appuyé sur les données de la science.

Au moyen âge, nous n'avons guère à citer que le nom de Gassendi, qui, à la suite des découvertes de Copernic, de Galilée, de Harvey, de Kepler, entreprit d'affranchir les esprits de l'autorité d'Aristote. Sans vouloir entrer dans le détail des théories philosophiques qu'il lui opposait, il nous suffira de rappeler qu'il conçut le bizarre projet de concilier le dogme chrétien avec la théorie épicurienne des atomes, qu'il prétendait dépouiller de son caractère athée et matérialiste.

CHAPITRE II

Les premières manifestations vitales.

I. — Considérations générales.

Nous acceptons d'abord comme vérité acquise, sauf à la vérifier plus tard, que la vie a eu un commencement. Sans entrer dans des considérations métaphysiques et en nous bornant exclusivement à l'exposé des faits scientifiques, nous verrons qu'à l'origine des temps aucune manifestation vitale, telle du moins que nous la concevons aujourd'hui, n'aurait pu se produire et qu'il faut, pour pouvoir même supposer la possibilité des premiers phénomènes vitaux, un ensemble de conditions physico-chimiques qui n'ont pu apparaître que lentement, à mesure que se formait la croûte terrestre.

Que nous apprennent, en effet, la géologie et la cosmographie? C'est qu'à l'origine notre globe ne constituait avec le soleil et les autres astres que nous voyons aujourd'hui tourner autour de lui qu'une immense nébuleuse composée de molécules d'une extrême ténuité, probablement à l'état gazeux. Certains, toutefois, admettent comme éléments constitutifs de la nébuleuse primitive une sorte de poussière cosmique représentant ainsi les rudiments de la matière, mais d'une ténuité telle qu'ils en étaient presque impondérables. Faye



NÉBULEUSES PLANÉTAIRES NÉBULEUSE EN ROTATION AUTOUR D'UN AXE

estime qu'il n'y a guère que 3 grammes, et peut-être moins encore de cette matière, dans un myriamètre cube. Or, en poussant le vide aussi loin que possible dans un tube de Crookes, on a calculé qu'il restait encore 1 293 000 kilogrammes de matière par myriamètre cube. Il faut donc en conclure que la nébuleuse primitive était encore 400 millions de fois moins dense que l'air raréfié du tube de Crookes. Or, dans un tel état de dispersion des atomes, aucune manifestation vitale n'eût été possible, et il nous est bien permis d'affirmer que la vie sur terre n'a pu débuter au moment où celle-ci présentait le stade de nébuleuse.

Nous en dirons tout autant du stade suivant ou du stade noyau métallique dont Laplace et Faye ont expliqué ainsi la formation. Cette masse énorme de matière cosmique tourne sur elle-même avec une prodigieuse rapidité. Il en résulta que, dans la région équatoriale, les portions les plus éloignées du centre, s'en trouvant de plus en plus repoussées par la force centrifuge, ont fini par s'écarter du reste de la masse sous la forme d'anneaux plats et concentriques, tandis que les éléments du reste de la nébuleuse tombaient vers le centre et se ramassaient en un astre unique, le soleil, qui, en vertu de la transformation du mouvement en chaleur, devient chaud et incandescent. Mais, pendant ce temps, les anneaux détachés continuent leur mouvement de rotation autour de la masse centrale, et, les mêmes causes continuant à agir, des portions s'en détachent qui donnent naissance à des nébuleuses planétaires, à la suite du groupement de leur matière autour d'un ou plusieurs centres d'attraction. Les nébuleuses planétaires, en se condensant, ont, à leur tour, donné naissance à des anneaux au sein desquels se sont formés les satellites. C'est ainsi que la lune s'est formée au dépens de la nébuleuse terrestre. Celle-ci, transformant à son tour le mouvement de ses molécules en chaleur, devient peu à peu une masse ignée que nous avons désignée plus haut sous le nom de stade noyau métallique.

Il fut donc un temps où notre globe était un corps incandescent semblable à son générateur le soleil, dont la masse embrasée nous chauffe et nous éclaire encore aujourd'hui de ses rayons. Les roches les plus dures, les métaux les plus résistants qui composent actuellement l'écorce rigide de la terre se trouvaient alors en fusion, et ce noyau liquide était entouré d'une atmosphère gazeuse enflammée dont la température, s'élevant à plusieurs milliers de degrés, surpassait en intensité tout ce que l'imagination peut concevoir, ou tout ce que peut réaliser l'expérimentation moderne. Nous ne saurions imaginer le moindre indice de manifestation vitale au milieu des laves de nos volcans actuels. A plus forte raison est-il impossible d'admettre que la vie ait pu se produire dans une fournaise à température aussi élevée.

Mais il y a un autre argument qui, à notre avis, démontre encore mieux que la vie était impossible pendant que la terre traversait ces phases primitives. Dans tout tissu vivant, il y a toujours une proportion d'eau plus ou moins considérable. Or, au-dessus de 600 degrés, l'eau se dissocie en ses éléments. Dans ces conditions, aucun être vivant, si simple fût-il, n'aurait pu se maintenir à une température qui atteignait plusieurs milliers de degrés, et les molécules des corps organisés

n'auraient jamais pu demeurer unies entre elles.

Certains ont pu objecter que cette conception du système du monde, d'après Laplace, n'était au fond qu'une simple hypothèse, et qu'il était bien possible que les choses se fussent passées tout autrement. Certes, le génie de Laplace n'a pu s'élever jusqu'à nous apporter les preuves mathématiques de sa brillante hypothèse; toutefois, la notion que le globe terrestre a traversé autrefois une telle période dans le cours de son développement paraît maintenant incontestée et généralement adoptée par toutes les branches des sciences naturelles, astronomie et physique, géologie et paléontologie, minéralogie et chimie. Aujourd'hui, toutes ces sciences s'accordent sur ce point. En fait, la science moderne, avec le secours du télescope et du spectroscope, nous montre directement que les périodes de développement par lesquelles est déjà passé notre globe se reproduisent encore aujourd'hui et partout dans l'univers. Nous pouvons même ajouter que chacune de ces périodes se trouve encore représentée de nos jours par des stades analogues de beaucoup d'autres corps, depuis la nébuleuse primitive et la sphère fluide incandescente jusqu'à la masse solide figée dans un froid glacial, image du sort réservé à la terre, et que nous pouvons contempler chaque jour dans son fidèle satellite, la lune.

Occupons-nous maintenant de la troisième phase traversée par notre globe, pendant laquelle le noyau igné s'entoure d'une pellicule dont la présence coïncidera avec l'apparition des océans, ou plutôt provoquera leur formation.

Dans la sphère liquide en grande partie métallique qui avait succédé à la phase nébuleuse, les matières fondues, obéissant en cela à des lois établies en physique, devaient être superposées par ordre de densité. La surface était donc occupée par des produits d'oxydation, c'est-à-dire par divers silicates qui formaient véritablement la scorie du noyau métallique, pareille à ces scories qui se produisent dans l'affinage de la fonte et qui résultent de l'union du fer avec la silice. Ces scories, que l'on voit flotter à la surface du bain métallique, en constituent l'écume.

Dans le cas qui nous occupe, ces scories représentent des minéraux à la fois plus légers et plus réfractaires que les métaux sous-jacents. Aussi est-il aisé de comprendre qu'à la suite du progrès du refroidissement, ils aient été exposés à prendre les premiers l'état solide. D'après de Lapparent, cette solidification, en accroissant leur densité, les faisait descendre un peu dans la masse fluide, au sein de laquelle ils entraient de nouveau en fusion, mais en refroidissant le bain environnant. A cette cause de refroidissement, il faut en ajouter une seconde : le rayonnement de la masse ignée. De cette manière, une croûte continue a dû se prendre en masse, interceptant pour toujours le contact de la sphère fondue avec l'atmosphère extérieure.

Mais, à la faveur de cette pellicule qui recouvre maintenant le noyau igné, un refroidissement va se produire et les vapeurs de l'atmosphère, séparées désormais de leur centre calorifique, ont dû rapidement se condenser pour former l'immensité de l'Océan, qui a d'abord été sans rivage.

A peine formées, les roches primitives furent exposées à une désagrégation, bientôt suivie sans doute d'une cristallisation nouvelle des éléments un instant séparés. De plus, les matières fondues sous-jacentes devaient, soit refondre partiellement la base de la croûte, soit s'y injecter fréquemment en veines ou veinules.

On est donc conduit à se représenter le terrain primitif comme une sorte de produit mixte né du refroidissement, mais où les signes de l'état igné auraient été rapidement effacés par une cristallisation chimique. Massif à l'origine, ce terrain a été soumis aussi bien à la base qu'au sommet à des actions qui ont dû lui imprimer quelques-uns des caractères des dépôts stratifiés, notamment un arrangement des éléments en zones plus ou moins parallèles.

Ce terrain primitif constitue pour les géologues le groupe ou système archéen, dont les traces sont encore visibles dans le nord de l'Europe. Rappelons, en effet, que le nord de l'Europe paraît avoir possédé autrefois une bande très étendue de terrain primitif dont la Finlande, la Scandinavie, l'Ecosse et le Groënland seraient des fragments aujourd'hui séparés. Cette bande se reliait au terrain primitif de l'Amérique du Nord, lequel, du reste, couvre encore une grande partie du Canada, où il forme deux étages : le laurentien à la base, et, au-dessus, l'étage huronien.

En résumé, à la suite des transformations

subies par la nébuleuse primitive, notre globe comprend désormais trois éléments :

1° Au centre, un noyau igné ;

2° Autour de ce noyau, une faible pellicule de roches, qui ira sans cesse en s'épaississant, et qui constitue le terrain primitif;

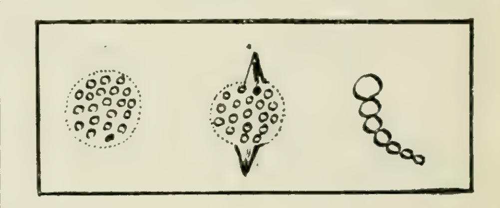
3° Au-dessus, un océan immense au milieu duquel apparaîtront peu à peu quelques îlots, ébauche encore informe des futurs continents.

Examinons maintenant si la vie a pu apparaître en de telles conditions.

Nous avons essayé de démontrer qu'aucune manifestation vitale n'avait pu se produire pendant que notre globe traversait le stade nébuleuse et le stade noyau igné ; mais, désormais, aucune raison biologique ou physico-chimique ne s'oppose à ce que des organismes inférieurs aient fait leur apparition dans les océans qui baignaient les roches constitutives du système archéen. Evidemment, les premiers représentants de la vie furent des êtres très inférieurs, dont les besoins alimentaires ne pouvaient être que très réduits, car les seuls éléments qu'ils pussent incorporer ne comprenaient que quelques substances minérales tenues en dissolution dans l'eau de mer ou arrachées aux roches sous-jacentes. Des êtres ayant des besoins aussi restreints ne peuvent avoir que des manifestations vitales très élémentaires, et c'est en vain qu'on essayerait de trouver chez eux le moindre symptôme de la division du travail. Par conséquent, ils ne devaient appartenir qu'à des Protozoaires très inférieurs, qui seuls pouvaient s'adapter à un pareil milieu, et dont le corps n'est constitué que par une seule cellule. Il nous est donc permis de conclure que le premier élément vivant qui ait apparu à l'origine des temps géologiques ne pouvait être qu'une simple cellule. Nous ajouterons que cette cellule devait nécessairement vivre dans les mers de cette époque. On sait, en effet, que, pour jouir de ses propriétés vitales, le protoplasma exige une proportion considérable d'eau, que certains évaluent à 75 pour 100. Par conséquent, tout habitat non aquatique serait impossible à une masse aussi minime que la cellule, dont l'eau de constitution, dans un milieu sec, serait sur le champ évaporée.

En somme, la vie était possible durant le système archéen, et ses premières manifestations durent se produire au sein de l'immense Océan qui en recouvrait les roches fondamentales. Mais ce premier organisme, que nous savons devoir être représenté par une cellule unique, a-t-il laissé des traces suffisantes de son existence pour que nous puissions lui donner une place dans nos classifications zoologiques, ou bien en sommes-nous réduits à de vagues conjectures à son sujet ? La question a été posée bien des fois, et on comprend sans peine avec quelle sorte d'émotion les paléontologistes interrogent ces roches primitives, pour y surprendre le secret des premiers vestiges de la vie.

Partout où les terrains primitifs affleurent, et tout particulièrement au Canada, où, comme il a été dit, la stratigraphie a établi deux étages : un étage inférieur ou laurentien, et un étage supérieur ou huronien, de patientes recherches ont été faites, en vue de découvrir les traces du premier être vivant. Certes, on



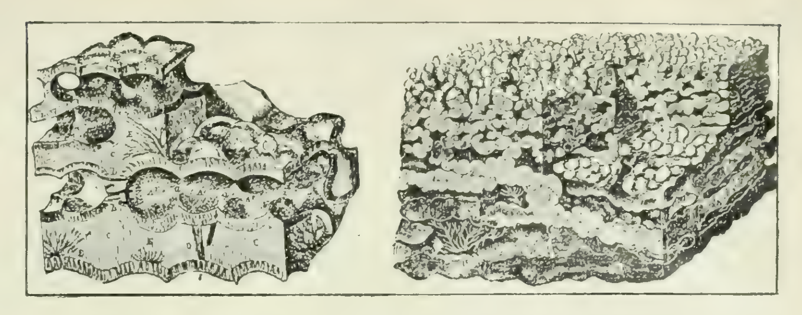
FORAMINIFÈRES
RAPPORTÉS A L'ARCHÉEN SUPÉRIEUR

ne pouvait espérer rencontrer des Amiboïdes, des Mégacystides ou des Sporozoaires; car ces animaux étant dépourvus de test, ont dû disparaître sans laisser le moindre vestige de leur existence. Tel n'est pas le cas des Foraminifères, dont l'enveloppe chitineuse, siliceuse ou calcaire, a pu être conservée plus facilement, et dont les roches les plus anciennes nous ont transmis des empreintes, quelques-unes présentant une réelle garantie de certitude, tandis que d'autres sont plutôt problématiques.

Les recherches entreprises à ce sujet méritent d'être rappelées. En 1863, Mac Mullen découvre à la partie supérieure du laurentien un calcaire serpentineux cloisonné formé de couches alternatives de serpentine ou de pyroxène et de carbonate de chaux. En étudiant ce système de cloisons, Dawson, Carpenter et Rupert Jones crurent qu'il s'agissait d'une structure organique due à un Foraminifère à qui ils donnèrent le nom d'*Eo-*

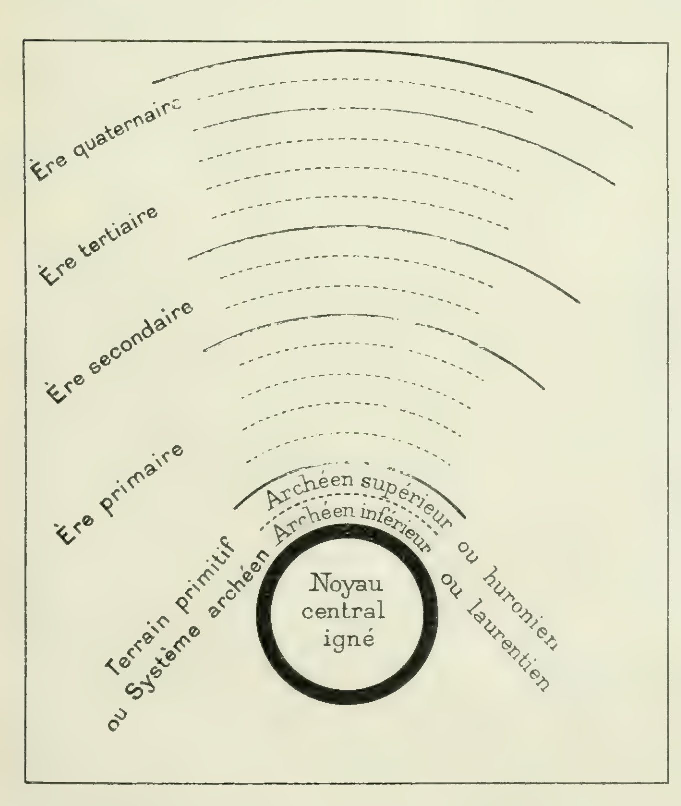
zoon canadense.

Quelque temps après, Grümbel annonçait la découverte de l'*Eozoon bavaricum*, dans les calcaires primitifs de la Bavière, et prétendait avoir retrouvé le même fossile dans les marbres serpentineux de la Finlande. De leur côté,



EOZOON CANADENSE QUE L'ON SUPPOSAIT ÊTRE UNE AGGLOMÉRATION D'ORGANISMES TRÈS INFÉRIEURS (HERRERA)

de Hochstetten et Garrigou signalaient deux nouveaux vestiges de ce Foraminifère primitif : le premier l'avait trouvé en Bohême, c'était l'*Eozoon bohemicum;* le second aux Pyrénées, *Eozoon pyrenaicum*. Vivement combattue par King et Rowney, qui retrouvaient exactement la même structure dans une ophicalce moderne de l'île de Skye, la nature de ce fossile a donné lieu à de minutieuses recherches ; mais, à la suite de l'étude si approfondie de Mobius, et, de l'aveu des paléontologistes les plus compétents, l'*Eozoon* est descendu au rang d'un simple accident minéralogique, susceptible de se produire dans tous les cas où la calcite se trouve mélangée intimement avec la serpentine ou le pyroxène. On est donc fondé à admettre que, jusqu'à ce que de nouvelles découvertes se soient produites, l'étage laurentien est dépourvu de restes organiques.



LES GRANDES ASSISES GÉOLOGIQUES

Il paraît en être tout autrement de l'Archéen supérieur ou étage huronien, qui a été l'objet de patientes recherches de Barrois.

Pas plus que dans l'étage précédent, on n'a trouvé d'Amiboïdes ; mais, par contre, Barrois y a signalé la présence de Radiolaires et de Foraminifères. Il croit même y avoir découvert des spicules de Spongiaires, ce qui tendrait à prouver que des Métazoaires inférieurs ont déjà fait leur apparition.

En résumé, aucune raison sérieuse ne s'oppose à ce que des organismes unicellulaires aient commencé à apparaître dans la mer archéenne, mais les documents recueillis jusqu'ici nous permettent de conclure que, très probablement, la vie ne s'est manifestée qu'au moment où se constituait l'étage huronien.

II. — Le protoplasma et le noyau dans leurs relations avec le phénomène de la vie.

Contrairement aux recherches d'Altmann et à sa théorie des bioblastes, qui ont été exposées dans la première partie de ce travail, la matière vivante la plus élémentaire paraît bien se présenter à nous sous forme de cellules, et on sait qu'elles vivent tantôt isolément, comme chez les Protozoaires, et tantôt sont réunies en groupes, comme cela a lieu chez les Métazoaires. Mais la cellule contient comme parties constituantes essentielles deux substances différentes : le protoplasma et le noyau. Il nous reste à préciser le rôle de ces deux éléments dans le phénomène de la vie. C'est là, on en conviendra, un problème difficile à résoudre, et dont la solution aurait pu paraître douteuse, ou du moins très incertaine, si les progrès récents de la cytologie n'avaient permis à l'histologiste de pénétrer plus profondément dans le secret de la cellule. Certes, l'examen d'une cellule complète ne pourrait nous donner que des renseignements médiocres sur les attributions respectives du protoplasma et du noyau; car, par suite de leur présence constante dans toute cellule, et aussi de leur action réciproque, il serait mal aisé de dire à laquelle de ces deux substances il faut rapporter tel phénomène vital que l'on vient de surprendre. Voilà pourquoi il a fallu essayer d'isoler les deux éléments cellulaires, et les interroger séparément.

A l'exemple de Max Vernworn, nous pouvons assez facilement isoler une petite quantité de matière vivante en divisant sous le microscope avec une fine lancette une parcelle du protoplasma d'une Amibe. Le fragment détaché est encore plein de vie, et on le reconnaît à ce qu'après l'opération il présente les mêmes mouvements que l'Amibe entière. En outre, toutes les conditions vitales extérieures étant remplies, il se trouve dans le même milieu que cette dernière. Toutefois, notre gouttelette de protoplasma ainsi sectionnée ne tarde pas à mourir sans qu'il soit possible désormais de la rappeler à la vie. Ajoutons que toute expérience semblable sur n'importe quelle autre cellule amène infailliblement le même résultat. On a donc ici une certaine quantité de protoplasma isolé de son noyau. Or, ce protoplasma ne peut se maintenir en vie d'une façon durable dans un milieu réalisant cependant toutes les conditions vitales extérieures.

Mais c'est surtout à Balbiani que revient le mérite d'avoir pratiqué ce mode de recherches. On sait, en effet, que grâce à la vitalité des organismes inférieurs et à la propriété qu'ils possèdent de régénérer les parties qui leur sont enlevées, on peut retrancher d'un Infusoire une portion plus ou moins considérable renfermant soit le noyau, soit la bouche, soit la vésicule contractile, etc., et observer les modifications anatomiques et physiologiques qui surviennent dans la portion enlevée et dans le reste de l'organisme. Cette méthode d'investigation, si féconde en résultats, a reçu de Balbiani le nom de mérotomie.

Il est juste de signaler ses recherches, qui portèrent surtout sur les Stentors. Un Stentor est coupé de telle sorte que l'un des segments ou mérozoïte ne renferme que du protoplasma, tandis que l'autre contient en même temps du protoplasma et le noyau. Le mérozoïte privé du noyau ferme mal sa plaie, dont les bords ne font que se rapprocher. Il continuera bien à se mouvoir et à ingérer des aliments, s'il possède une bouche; mais bientôt le protoplasma se désorganise, il devient spongieux, se creuse de vacuoles qui peu à peu se remplissent de liquide, perd sa forme, cesse de se mouvoir et meurt environ vingt-quatre heures ou quarante-huit heures après la mérotomie.

Les faits de mérotomie constituent d'importants documents pour l'histoire générale de la biologie cellulaire. En voici, du reste, quelques-uns qui peuvent nous éclairer sur les rôles respectifs du protoplasma et du noyau dans les phénomènes de la vie.

Un fragment d'Infusoire privé de son noyau continue pendant quelque temps à se mouvoir, à ingérer et à expulser des aliments, et sa vésicule contractile peut encore présenter des pulsations régulières, mais un tel fragment ne régénère jamais aucune de ses parties; sa plaie ne se cicatrise pas, par défaut de sécrétion d'une cuticule, et, s'il ingère des aliments, ceux-ci ne sont pas absorbés, la sécrétion du suc digestif étant abolie. Nous pouvons donc conclure que les phénomènes de la vie de nutrition de la cellule ne s'accomplissent pas en l'absence du noyau.

Au contraire, tous les mérozoïtes chez lesquels l'élément nucléaire n'a pas disparu présentent toujours des phénomènes très nets

de manifestations vitales. En réalité, on n'a jamais pu isoler complètement le noyau et obtenir des fragments où il ne restât pas encore quelque trace de protoplasma. Dans bien des cas, cependant, la proportion de protoplasma a pu être considérée comme réduite au minimum.



INFUSOIRE DIVISÉ EN TROIS FRAGMENTS
Chacun d'eux contient une partie de noyau. Tous continuent à vivre et acquièrent rapidement la forme primordiale.

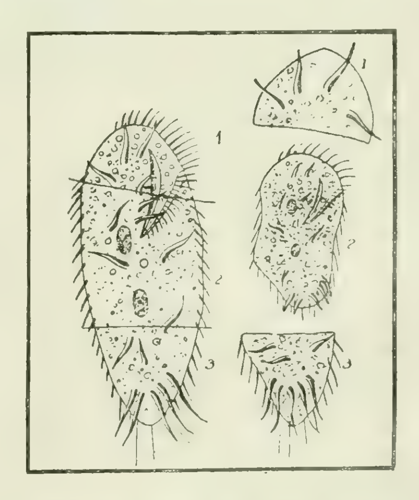
Dans ses expériences sur l'Amibe, Verworn constate que le corps cellulaire pourvu du noyau reste nettement en vie, bien que la quantité conservée de protoplasma soit peu considérable. Par contre, comme il a été dit plus haut, le fragment détaché meurt, probablement parce que la connexion et l'action réciproques avec le noyau ont été abolies.

De nombreux observateurs ont fait porter leurs recherches sur les faits précédents, et Balbiani, l'un des premiers, n'a pas manqué de signaler, à l'occasion de ses études sur le Stentor, que le mérozoïte en possession du noyau ne tardait pas à se régénérer et à réparer rapidement sa perte de substance.

Schmitz, en 1879, avait constaté que si l'on coupe une grande cellule de Valonia en plusieurs fragments, seuls les fragments qui renferment des noyaux se régénèrent, c'est-à-dire se complètent pour constituer une nouvelle cellule avec sa membrane d'enveloppe, tandis que les masses protoplasmiques, dépourvues de noyau, ne tardent pas à se désagréger et à mourir.

Quelque temps après (1887), les observations de Schmitz furent reprises par Klebs, qui soumit à l'action d'une solution d'eau sucrée à 16 pour 100 des filaments de Zygnema. A la suite d'un phénomène de plasmolyse, le protoplasma des cellules se détache de l'enveloppe de cellulose et se met en boule à l'intérieur de chaque article. Bientôt autour de la masse protoplasmique, séparée de sa membrane, on voit se produire une nouvelle enveloppe cellulosique. Mais parfois le protoplasma se sépare en deux masses, dont l'une renferme le noyau, tandis que l'autre en est privée. Or, dans ce cas, seule la masse nucléée s'entoure d'une membrane, tandis que la portion annulaire se fragmente et disparaît. Enfin, si les deux masses restent réunies par un petit pont de protoplasma, on les voit alors sécréter toutes deux une enveloppe de cellulose commune.

D'autres observations sont venues corroborer cette opinion que, dans la cellule, une très haute part d'activité est dévolue au noyau. Ainsi, cette même année, Haberlandt démontrait que dans les cellules végétales, partout où la membrane de cellulose subissait un accroissement local, le noyau venait s'appliquer en ce point. Dans les poils radicaux dont l'accroissement est terminal, le noyau est situé à l'extrémité du poil, tandis que dans les organes aériens qui s'accroissent par la base, c'est dans cette région que sé-



INFUSOIRE DIVISÉ EN TROIS PARTIES
Le numéro 2 seul renferme un noyau. Ce fragment acquiert rapidement la forme primitive et continue à vivre, tandis que les deux autres fragments meurent au bout de quelque temps.

journe le noyau, du moins pendant la période d'accroissement.

Un très bon exemple du rôle important joué par le noyau nous est fourni par la Vauchérie. Si dans les longs tubes de cette Algue on vient à blesser un point de la cellule, on ne tarde pas à voir une masse de protoplasma incolore s'accumuler en ce point, tandis que les corps chlorophylliens émigrent dans la profondeur.

De l'ensemble de tous ces faits, Haberlandt croit pouvoir conclure que le noyau doit jouer un rôle tout spécial dans la formation et l'accroissement en épaisseur et en surface de la membrane cellulaire.

En 1889, Korschelt a fait, à propos des cellules animales, une série d'observations qui corroboraient pleinement celles de Haberlandt.

Il faut également rapprocher des observations de Haberlandt et de Korschelt celles déjà anciennes de Heidenhain, confirmées par Hermann et Schieferdecker, sur les modifications présentées par le noyau des glandes salivaires pendant la sécrétion. Ils ont constaté que dans la période d'activité de la cellule le noyau est étoilé et envoie des prolongements dans le corps protoplasmique, tandis que dans la période de repos le noyau prend une forme arrondie.

Tous les faits que nous venons de rapporter nous permettent de conclure que la condition absolument nécessaire des manifestations de la vie réside dans une connexion intime du protoplasma et du noyau. La vie ne peut exister d'une manière durable que là où se trouvent réunis protoplasma et noyau.

Mais il semble bien acquis aujourd'hui que chacun des deux éléments qui entrent dans la composition de la cellule a un rôle biologique spécial. Les classiques recherches des premiers cytologistes, parmi lesquels nous nommerons Dujardin et Max Schultze, tendaient à présenter le protoplasma comme le substratum de toutes les activités vitales. Du noyau, l'ancienne théorie cellulaire ne savait que faire; car, comme on voyait se dérouler dans le protoplasma tous les phénomènes vitaux perceptibles, on considérait le noyau comme accessoire et on ne s'occupait pas autrement de lui.

Dans ces derniers temps, la conception primitive du rôle prépondérant du protoplasma dans la cellule fut supplantée par la conception inverse de la prédominance du noyau, après qu'on eut trouvé que ce dernier subit de profondes modifications dans la reproduction de la cellule par segmentation et dans la fécondation de l'œuf, tandis que le protoplasma semble rester au repos et on admit désormais que le noyau représentait le substratum essentiel de la vie cellulaire, tandis que le protoplasma ne jouait qu'un rôle accessoire. En d'autres termes, ce que dans l'ancienne théorie cellulaire on attribuait exclusivement au protoplasma, on l'attribue dans la nouvelle théorie uniquement au noyau, et ce n'est que dans ces dernières années qu'une saine réaction a commencé à se produire contre ce revirement exagéré.

Toutefois, l'idée que le noyau joue dans la cellule un rôle prépondérant, a pris à notre époque une assez large extension et a été exposée sous différentes formes. C'est surtout en ce qui concerne les modifications si complexes présentées par le noyau dans le phénomène de la fécondation et de la segmentation de l'ovule que cette opinion a gagné du terrain. D'après Weismann, Hertwig, Boveri, le noyau serait le porteur de la substance héréditaire, et l'hérédité ne se produirait que par la transmission de certaines substances du noyau aux descendants, tandis que le protoplasma ne contiendrait aucune substance nécessaire à la transmission héréditaire. Cette conception du noyau fut celle de Verworn, qui l'exposa dans son ouvrage. Ce fut également celle de Cl. Bernard, qui plaçait dans le cytoplasma le siège des phénomènes de dépense vitale, et réservait au noyau le pouvoir de synthèse organique. « Il semble, disait-il, que la cellule qui a perdu son noyau soit stérilisée au point de vue de la génération, c'est-à-dire de la synthèse morphologique, et qu'elle le soit aussi au point de vue de la synthèse chimique, car elle cesse de produire des principes immédiats et ne peut guère qu'oxyder et détruire ceux qui s'y étaient accumulés par une élaboration antérieure du noyau. Il semble donc que le noyau soit le germe de la nutrition de la cellule; il attire autour de lui et élabore les matériaux nutritifs. »

La conclusion qui nous paraît se dégager des faits que nous avons rapportés est que le noyau exerce une action manifeste sur le protoplasma.

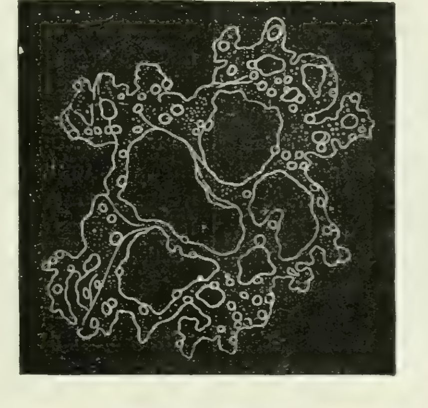
Une masse de protoplasma dépourvue d'éléments nucléaires est incapable de se reproduire, de sécréter une membrane d'enveloppe, et ne peut continuer à vivre qu'un temps très limité. D'un autre côté, un noyau isolé du protoplasma n'est pas capable de vivre par lui-même. La vie cellulaire résulte des rapports réciproques du protoplasma et du noyau, et si nous essayons de caractériser la part qui revient à chacun de ces deux éléments dans le phénomène de la vie, peut-être pourrions-nous dire que les fonctions de la vie de relation, mouvement et sensibilité, échoient au protoplasma, tandis que les fonctions de nutrition et de reproduction sont exercées concurremment par le protoplasma et le noyau.

III. — Le Bathybius.

En nous en tenant aux quelques documents que la paléontologie a mis à jour, le seul fait hors de doute que nous puissions affirmer est que les animaux les plus anciens qui aient été découverts appartiennent au groupe des Foraminifères. Mais n'existe-t-il pas dans l'embranchement des Protozoaires des êtres moins bien différenciés qui, par le fait même, se placent aux limites inférieures de la vie, et qui, par conséquent, ont dû tout d'abord peupler la mer archéenne ? Ne pourrait-on même pas concevoir une substance vivante plus ou moins informe, inférieure encore au plus humble des Protozoaires, et qui aurait constitué au fond des mers comme l'ébauche de la nature vivante actuelle ? La solution de cette double question intéresse grandement l'école évolutioniste; car enfin, que deviendrait une telle hypothèse, s'il était prouvé que les êtres ne se rattachent pas les uns aux autres, et que la vie n'a pas commencé par les organismes les plus inférieurs ?

Le Foraminifère, avec son test chitineux, arénacé ou calcaire qui l'entoure et le protège, et à l'intérieur duquel il peut rentrer ses pseudopodes, présente un certain degré de différenciation et de supériorité sur d'autres êtres de la même classe, sur les Amiboïdes, par exemple, dont le corps protoplasmique est à nu. Nul doute, par conséquent, que cet ordre n'ait précédé celui des Foraminifères, et si aucun spécimen n'a été encore retrouvé et n'a du reste aucune chance de l'être, c'est que leur corps si fragile, dépourvu de toute enveloppe solide, ne pouvait laisser de traces sur la pâte compacte des roches primitives.

Mais l'Amibe est encore un composé complexe avec deux parties essentielles : le protoplasma et le noyau. Or, si ces deux éléments sont nécessaires pour constituer le genre Amœba, ne paraît-il pas plus simple, et surtout plus conforme à l'idée d évolution, très à la mode aujourd'hui, d'admettre que les premières manifestations vitales, très rudimentaires, il est vrai, durent se produire avec un seul de ces deux éléments ? En d'autres termes, pour que la vie apparaisse, ne suffit-il pas d'un simple agrégat de molécules protoplasmiques? Cette conception de l'école transformiste parut devenir une réalité le jour où eut lieu la découverte du *Bathybius*.



BATHYBIUS HÆCKELII

L'histoire mérite d'en être racontée. En 1857, le gouvernement anglais faisait exécuter dans l'Atlantique une série de sondages à l'effet de procéder à la pose d'un câble sous-marin qui relierait l'Angleterre à l'Amérique. Or, l'eau ramenée par les dragues de profondeurs considérables, et mélangée à des substances limoneuses, attira l'attention de Huxley, professeur à l'Ecole royale des mines à Londres. Conservée dans des bocaux, elle s'était montrée chargée en abondance d'une matière floconneuse agitée de certains mouvements donnant l'illusion de manifestations vitales. Tout à l'émotion de sa découverte, Huxley ne songe même pas à la contrôler, et déclare que le fond des océans est tapissé par une sorte de gelée vivante, représentant le premier effort de la matière brute pour conquérir l'organisation. Il avait ainsi espéré surprendre l'origine de la vie dans la profondeur des mers, et il dédia à Hæckel, professeur à l'Université d'Iéna, cette sorte de mucosité, semblable à un proto-

plasma informe qui se disposait en flocons blanchâtres dans les verres à expérience. Telle est l'origine du *Bathybius Hæckelii*.

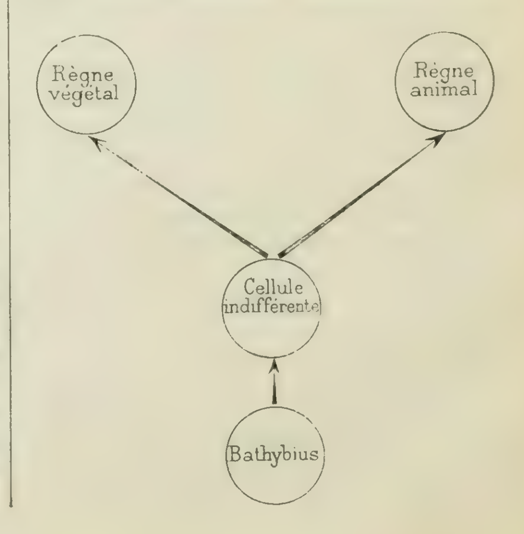
A l'annonce de cette découverte, Hæckel n'hésita pas à reconnaître qu'on avait enfin mis la main sur l'être vivant élémentaire où la matière inerte passe spontanément à la vie.

Mais quelques années plus tard, lors de la grande campagne du *Challenger*, où de nombreux échantillons de la substance floconneuse d'Huxley furent recueillis et examinés avec plus de soin, quelques doutes s'élevèrent sur l'authenticité de cette gelée protoplasmique, et certains zoologistes se demandèrent si on ne se trouvait pas là en présence d'un artifice de préparation, ou si du moins la conclusion retirée n'était pas le résultat d'une interprétation trop hâtive.

Mais nul mieux que Buchanan n'a essayé de pénétrer la nature du *Bathybius* et de soumettre ses éléments constitutifs au contrôle de l'analyse. Son examen porta sur des échantillons recueillis pendant l'expédition du *Challenger*, et, avec un courage qui fait l'éloge de sa probité scientifique, il déclare que Huxley comme Hæckel ont été victimes d'une illusion. Il reconnaît, en effet, que la substance floconneuse ne contenait pas de matière organique, mais se composait uniquement de sulfate de chaux amorphe, dont le précipité n'était dû qu'à l'alcool dont on avait fait usage. Il s'assura que cette gelée pouvait être de nouveau dissoute, et, à l'aide d'un volume moindre d'alcool, précipitée une seconde fois, mais alors à l'état d'aiguilles possédant la forme cristalline caractéristique du gypse, qui n'est que du sulfate de chaux hydraté.

Se rendant à l'évidence, Huxley fut le premier à abandonner la théorie du *Bathybius*, et, avec une loyauté et une bonne humeur qui l'honorent, voici comment il s'exprima à son sujet au Congrès de l'Association britannique tenu à Sheffield en 1879 : « Je demanderai la permission de m'expliquer sur une affaire qui m'est personnelle..... Notre président a fait allusion à une certaine..... chose — je ne sais en vérité si je dois l'appeler une chose ou autrement — qu'il a nommée devant vous *Bathybius*, en indiquant, ce qui est parfaitement exact, que c'était moi qui l'avais fait connaître; tout au moins, c'est bien moi qui l'ai baptisé, et, dans un certain sens, je suis son plus vieil ami. Quelque temps après que cet intéressant *Bathybius* eut été lancé dans le monde, nombre de personnes admirables prirent cette petite chose par la main et en firent une grande affaire. Les choses allaient donc leur train, et je pensais que mon jeune ami *Bathybius* me ferait quelque honneur; mais j'ai le regret de dire que, avec le temps, il n'a nullement tenu les promesses de son jeune âge. Tout d'abord, comme l'a dit le président, on ne réussissait jamais à le trouver là où l'on devait attendre sa présence, ce qui était fort mal; et, de plus, quand on le rencontrait, on entendait dire sur son compte toutes sortes d'histoires. En vérité, je regrette d'être obligé de vous le confesser, quelques personnes d'esprit chagrin ont été jusqu'à prétendre que ce n'était rien autre qu'un précipité gélatineux de sulfate de chaux, ayant entraîné dans sa chute de la matière organique..... »

L'existence du *Bathybius* aurait été un argument d'une grande portée philosophique pour la doctrine évolutioniste qui prétend, en effet, que toutes les formes zoologiques sont issues les unes des autres, et qu'à la base du monde animal, comme à celle du monde végétal, se trouve un être informe, rudimentaire, établissant une transition insensible entre la matière et la vie. Le *Bathybius* aurait admirablement réalisé cette conception. Organisme inférieur à la cellule, puisqu'il ne présentait pas de trace de noyau, il ne serait pas toujours resté dans cet état informe, et on l'aurait vu bientôt se transformer en cellules. Celles-ci, d'abord indifférentes, n'auraient pas tardé à évoluer et à s'orienter les unes vers le règne végétal, les autres vers le règne animal.



Mais on peut faire à cette hypothèse de sérieuses objections :

1° Le *Bathybius* n'est qu'un simple précipité de sulfate de chaux; il ne peut donc représenter un protoplasma même informe, puisque nous avons exposé plus haut que les éléments qui entrent dans la composition du protoplasma sont l'oxygène, l'hydrogène, le carbone et l'azote, avec une certaine proportion de phosphore et de soufre.

2° Ce protoplasma informe ne tarde pas, dit-on, à s'organiser peu à peu en cellules. Mais, pour que ce travail s'accomplisse, il faut une force impulsive qui pousse le protoplasma à s'adjoindre des noyaux, des nucléoles, des membranes cellulaires. Mais quelle est cette force impulsive ? Et par quels procédés le protoplasma arrive-t-il à produire des éléments dont les réactions tinctoriales sont parfois si différentes ? Pourquoi ce protoplasma n'est-il pas resté *Bathybius* ?

3° Acceptons même que le *Bathybius* ait existé, et qu'à la suite d'impulsions ou d'efforts impossibles à admettre il se soit élevé à la dignité de cellule indifférente. Par le fait même de son indifférence, cette cellule n'a pas plus d'affinité pour le règne animal que pour le règne végétal. Or, à un moment donné, cette cellule indifférente se divise et donne naissance à deux cellules, l'une végétale et l'autre animale. Il est inadmissible qu'une cellule indifférente puisse ainsi donner deux cellules aussi différenciées que la cellule végétale et animale. A quelle impulsion a-t-elle obéi, et de quelle nature peut être l'énergie ou, si l'on veut, l'intelligence qui opère de pareils perfectionnements ? On ne saurait invoquer ici ni l'atavisme ni un changement dans les conditions du milieu, puisque l'ancêtre a toujours été une matière informe, et que cet ensemble de phénomènes a eu pour témoin le fond des mers.

Il y a donc, à la base de l'hypothèse évolutioniste, une série d'affirmations gratuites, toutes reposant sur un précipité floconneux de sulfate de chaux qui n'a qu'un rapport fort lointain avec la substance protoplasmique.

Nous concluerons donc, avec Huxley, que le *Bathybius* n'a nullement tenu les promesses de son jeune âge. Aussi a-t-il définitivement disparu de la science, et il demeure bien établi que les organismes marins, si rudimentaires qu'ils puissent être, appartiennent tous jusqu'ici à des êtres parfaitement spécifiés.

Quant aux matières organiques qui abondent sur le lit des océans et à l'aide desquelles on a essayé de ressusciter l'hypothèse d'une gelée vivante, il paraît établi que ce sont des débris très lentement décomposés des êtres qui vivent à leur surface.

IV. — Les Protistes d'Hæckel.

D'après la théorie de Darwin, l'homme est issu d'un animal moins parfait que lui. Descendu d'un ancêtre commun avec d'autres Mammifères, il représente le dernier terme d'une série de types dérivés les uns des autres. En ce qui concerne les Vertébrés, le célèbre naturaliste anglais incline à penser que le premier ancêtre pouvait bien être un animal marin ressemblant aux larves d'Ascidies telles



CHARLES-ROBERT DARWIN (1809-1882)

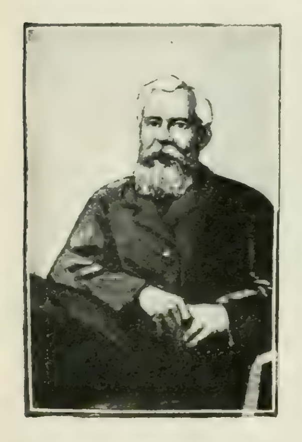
qu'elles se montrent encore à nous de nos jours. Les larves d'Ascidies nous conduisent à l'Amphioxus et aux Poissons cartilagineux, et, par des transitions insensibles, nous assistons au passage des Poissons aux Batraciens, des Batraciens aux Reptiles, des Reptiles aux Oiseaux, et enfin des Oiseaux aux Mammifères.

A propos des Mammifères, Hæckel n'éprouve aucune difficulté pour établir la filiation qui rattache les Monotrèmes aux Simiens. Mais ceux-ci se séparent en deux grands troncs : les singes du nouveau et de l'ancien continent. Il importe alors de savoir quel est celui qui a donné naissance à l'homme. Pas de doute, pour Hæckel, l'homme descend du singe de l'ancien continent.

Quant aux Invertébrés, ils ne représentent qu'une série de stades parcourus par l'organisme primitif que des transformations successives ont amené, après un temps très considérable, à franchir les diverses étapes qui

le séparent du plus inférieur des Vertébrés. Le célèbre naturaliste a même décrit avec une certaine complaisance la physionomie générale des différents groupes que l'observateur rencontre en considérant les divers rameaux de cet arbre généalogique.

A la base se place un organisme sans organes spéciaux, formé d'une matière muciforme, albuminoïde, sans structure cellulaire et, par le fait même, sans noyau. Malgré sa constitution élémentaire, cette masse présente un degré plus élevé que la matière minérale, et déjà on aperçoit comme l'ébauche de manifestations vitales. Telle est la Monère de Hæckel, dont l'existence est tout aussi hypothétique que celle du *Bathybius,* mais qui est absolument nécessaire pour étayer son système et son arbre généalogique.

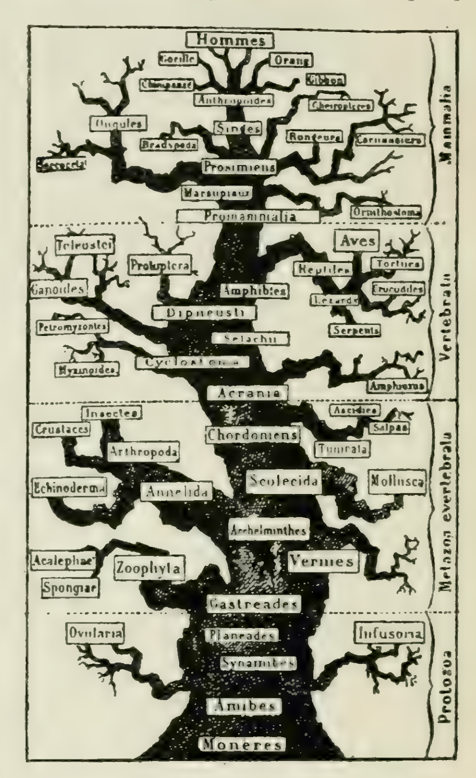


ERNEST HÆCKEL

Peut-être même la nécessité de sa présence à la base d'une telle doctrine est-elle la seule preuve de sa réalité. C'est là, on en conviendra, un argument bien faible et à peu près sans portée dans le domaine des sciences d'observation, dont le très grand mérite consiste dans l'expérimentation et dans l'interprétation de faits sérieusement contrôlés.

Sans faire porter pour l'instant notre examen sur le processus de formation de cet organisme primordial, jetons un coup d'œil rapide sur l'ensemble des stades qu'il lui a fallu parcourir pour s'élever jusqu'aux Vertébrés. A l'imitation du *Bathybius,* la Monère ne tarda pas à devenir une cellule simple qui se substitua peu à peu à cette masse informe primitive. C'est ainsi, en un mot, que se développèrent par différenciation de la substance homogène en noyau et protoplasma les premiers organismes unicellulaires dont l'ensemble constitua le groupe des Protistes. C'étaient encore des organismes cellulaires bien inférieurs que l'on pourrait rapprocher de la cellule indifférente qui avait fait suite au *Bathybius,* et ce second stade des manifestations vitales primitives fut le point de départ du règne végétal et du règne animal. Voici, en effet, ce qu'il advint.

Les Protistes, après être restés quelque



ARBRE GÉNÉALOGIQUE DE L'HOMME
D'après Ernest Hæckel (Herrera).

temps à l'état de cellules indifférentes, ne tardèrent pas à donner des signes certains d'une activité nouvelle, et, grâce au mode de leurs échanges nutritifs, il s'établit chez eux une différenciation spéciale, qui bientôt les sépara en Protophytes ou Protistes aux échanges végétaux, et en Protozoaires ou Protistes aux échanges animaux. Les premiers continuèrent à édifier leur substance vivante aux dépens de matières inorganiques, tandis que les der-



MONÈRES DE HÆCKEL

niers simplifièrent leurs échanges en utilisant pour leur nutrition la substance organique déjà formée par les premiers. Des Protophytes dérivèrent tous les végétaux ou Métaphytes, et des Protozoaires tous les animaux ou Métazoaires.

Evidemment, les liens de parenté qui devraient rapprocher les divers groupes sont parfois assez mal établis; mais Hæckel demande qu'on ferme les yeux sur certains détails dont l'explication cadre mal avec son système, et, grâce à cette concession, il se croit en droit d'établir ainsi la filiation de ses Protistes.

Du tronc des Protophytes sortirent deux branches : les Algues (*Fucoïdæ*) et les Champignons (*Fungi*).

De la branche des Algues, qui seule continua à se développer, naquirent par descendance directe les Mousses (*Muscinæ*); de celles-ci, les Fougères (*Filicinæ*), qui nous conduisent aux Gymnospermes, et, de ces dernières enfin, naquirent les Angiospermes, plantes qui montrent le plus haut degré de différenciation du règne végétal.

D'autre part, du groupe des Protozoaires sortirent les Gastréades, animaux très simples, composés seulement de deux couches de cellules, un entoderme et un ectoderme, dont vraisemblablement il n'existe plus aujourd'hui aucun représentant.

Hæckel aurait même pu ajouter que, sûrement, on ne rencontre plus dans la nature actuelle de type zoologique ne possédant que ces deux feuillets blastodermiques; mais que deviendrait son système avec une telle lacune ? Aussi ne s'embarrasse-t-il pas pour si peu, et, avec la plus grande aisance, il tourne la difficulté en déclarant que, si le type à ectoderme et entoderme ne se rencontre plus de nos jours, c'est qu'il a disparu, mais qu'il faut nécessairement admettre sa présence dans la série généalogique, et il en donne pour preuve l'apparition tout à fait générale du stade blastula dans le cours du développement des animaux.

Des Gastréades sortirent d'une part, les Cœlentérés, et, d'autre part, les Vers.

Ces derniers donnèrent naissance aux quatre groupes des Echinodermes, des Arthropodes, des Mollusques et des Tuniciers, qui furent les aïeux des Vertébrés, ces représentants les plus hautement différenciés du règne animal.

Les organismes actuels ne forment que les dernières extrémités des grands rameaux de ce puissant arbre généalogique.

Voici, du reste, résumée en un tableau, la célèbre généalogie d'Hæckel, qui a été élevée à la hauteur d'un dogme par tous les apôtres de l'évolutionisme.

Végétaux

Angiospermes

Gymnospermes

Fougères

Mousses

Algues Champignons

Protophytes

Animaux

Vertébrés

Arthropodes Mollusques

Echinodermes Tuniciers

Cœlentérés Vers

Gastréades

Protozoaires

Protistes

Monères

Un coup d'œil jeté sur le développement phylogénétique des organismes, depuis leur première origine jusqu'à nos jours, permettrait de se rendre compte des importantes modifications de formes subies par la matière vivante dans le cours du développement de la terre et combien les organismes actuels se sont largement différenciés dans les directions les plus diverses. Mais une telle manière de concevoir la série végétale comme la série zoologique repose sur un ensemble d'affirmations gratuites dont la discussion dépasserait le cadre de ce travail, où nous nous proposons surtout d'étudier l'origine de la vie. Du reste, Hæckel lui-même aurait été fort embarrassé pour invoquer des raisons plausibles de ces transformations successives, et il avoue, sans en donner du reste aucune preuve, que c'est la théorie de Darwin seule qui doit réunir aujourd'hui tous les suffrages; car seule elle peut donner une explication naturelle des faits avancés par lui.

La hardiesse des idées émises par Hæckel souleva des objections nombreuses, et d'éminents naturalistes ne se firent pas défaut de lui reprocher de prendre pour des faits acquis et pour des réalités de simples conceptions de son esprit ou de vagues hypothèses sorties de son imagination.

C'est d'abord Carl Vogt, professeur à Genève, qui, tout en restant partisan de la descendance animale de l'homme, dénonce loyalement les difficultés qu'elle soulève. Il constate, en effet, que, depuis la Monère primitive jusqu'à l'homme, les diverses étapes établies par Hæckel, et qui sont au nombre de 20 à 22, paraissent admirablement réglées; mais il y a malheureusement un petit défaut, c'est le manque de réalité, et beaucoup d'échelons sont constitués par des êtres imaginaires dont on n'a jamais trouvé de trace; tels les Gastréades, qui font suite aux Protozoaires.

En France, de Quatrefages reproche à Hæckel sa manie d'en appeler à l'inconnu, de n'écouter que la fantaisie, et de présenter comme démontrés des résultats fictifs.

Darwin lui-même écrit à Hæckel que son audace le fait trembler.

Mais où la fantaisie d'Hæckel paraît avoir dépassé toutes les bornes, c'est dans la conception de ses Monères et de ses Protistes. Comment, en effet, sont nés les premiers organismes ou l'organisme ancestral originel, dont Hæckel nous fait tous descendre? Lamarck a répondu à cette question par l'hypothèse de la génération spontanée. Darwin, au contraire, glisse sur ce point, et déclare expressément « qu'il ne s'occupe ni de l'origine des forces fondamentales de l'intelligence ni de celles de la vie ». A la fin de son livre, il s'exprime à ce sujet en ces termes : « J'admets que, vraisemblablement, tous les êtres organisés ayant vécu sur la terre descendent d'une forme primitive quelconque que le Créateur a animée du souffle de la vie. » Cette déclaration de Darwin, que certaine école feint d'ignorer, mérite d'être retenue, car elle nous révèle les sentiments du célèbre naturaliste au sujet de la création. Dans ses ouvrages en effet, il n'est jamais question de génération spontanée, et, à la base de tout son système, il estime qu'il faut d'abord placer l'intervention du Créateur.

Telle n'est pas la conception d'Hæckel, qui pose d'abord en axiome l'impossibilité de la création, et qui n'hésite pas à déclarer que si l'on rejette l'hypothèse de la génération spontanée, force est alors d'avoir recours au miracle d'une création surnaturelle, ce qui lui paraît antiscientifique. Aussi prend-il grand soin de nous présenter ses Monères comme la seule explication possible de l'apparition de la vie, et avec un art très ingénieux il essaye de nous exposer le passage de la matière brute à la matière vivante. Il déclare d'abord que, grâce aux découvertes de la chimie, on est arrivé à réduire tous les corps connus en un petit nombre d'éléments non décomposables, par exemple en C, O, Az, S, et en divers métaux : potassium, sodium, fer, etc. La plupart d'entre eux sont rares et peu importants; quelques-uns, au contraire, sont fort répandus et constituent non seulement la plupart des inorganismes, mais même tous les corps organisés. Hæckel compare ensuite les éléments qui constituent les corps des organismes avec ceux qui se trouvent dans la matière brute, et il note tout d'abord un fait important, c'est qu'il n'existe dans les animaux et les végétaux aucune matière primordiale qui ne se retrouve pas dans la matière privée de vie. Il n'y a donc pas d'éléments ou de matériaux primordiaux organiques, et, d'après le professeur d'Iéna, les différences chimiques et physiques existant entre les organismes et la matière inorganique ne reposent pas sur la diversité de nature des matériaux primordiaux qui les constituent, mais bien

sur des modes spéciaux de combinaison chimique de ces éléments premiers. De cette diversité dans les modes de combinaison résultent, en effet, certaines particularités physiques, notamment en ce qui concerne la densité des matériaux, et il n'est pas douteux que ces particularités semblent, au premier abord, creuser un abîme entre les deux catégories de corps. Que voit-on, en effet? « La matière brute, déclare Hæckel, ou plutôt les corps constitués inorganiques, sans vie, ont ce degré de densité que nous appelons solide, comme les cristaux et les pierres amorphes, ou bien ils sont à l'état liquide, comme l'eau, ou bien enfin ils se présentent à l'état gazeux. On sait que ces trois degrés de densité, que ces modes d'agrégation ne tiennent en aucune façon à la diversité des éléments constituants, mais dépendent du degré de la température.

A côté de ces trois modes de densité des inorganiques, tous les corps vivants nous offrent un quatrième mode d'agrégation tout spécial. Ce n'est ni la solidité de la pierre ni la liquidité de l'eau, mais bien un état intermédiaire semi-solide ou semi-fluide. Dans tous les corps vivants sans exception, une certaine quantité d'eau est unie d'une manière toute spéciale aux matériaux solides; c'est même de cette union caractéristique de l'eau avec les matières organiques que provient cet état ni solide ni fluide qui joue un si grand rôle dans l'explication des phénomènes de la vie. C'est dans les propriétés physiques et chimiques de l'une des substances primordiales indécomposables, c'est-à-dire du C, qu'il faut chercher la raison essentielle de cet état.

« De tous les éléments, le C est le plus important; car, chez tous les corps animaux et végétaux, cette matière primordiale joue le rôle principal. »

Pour Hæckel, c'est grâce à la combinaison du C avec trois autres éléments : O, H, Az, auxquels il faut ajouter le plus souvent le soufre et aussi le phosphore, que naissent ces combinaisons extrêmement importantes, ce premier et indispensable substratum de tous les phénomènes vitaux, c'est-à-dire les composés albuminoïdes, et il ajoute : « C'est pour la biologie, et spécialement pour l'histologie, un bien grand triomphe que d'avoir ramené à ces éléments matériels le miracle des phénomènes vitaux, et d'avoir démontré que les propriétés physiques et chimiques, infiniment variées et complexes des corps albuminoïdes, sont les causes essentielles des phénomènes organiques ou vitaux. »

Hæckel s'occupe ensuite des forces ou des phénomènes du mouvement de ces deux grandes catégories de corps, et il n'hésite pas à déclarer que la physiologie actuelle est arrivée à la conviction que l'ensemble des phénomènes vitaux, et avant tout les deux phénomènes de la nutrition et de la reproduction, sont des actes purement physico-chimiques. Dès lors, le problème de la vie pourra se résoudre par une simple équation chimique, et, puisque la matière primordiale est le C, il faudra ramener en dernière analyse aux propriétés du C tous les phénomènes vitaux, et particulièrement les deux phénomènes fondamentaux de la nutrition et de la reproduction. Ce sera, par conséquent, dans les propriétés spéciales physico-chimiques du C, et surtout dans la semi-fluidité et l'instabilité des composés carbonés albuminoïdes, qu'il faut voir les causes mécaniques des phénomènes de mouvement par lesquels les organismes et les inorganismes se différencient, et que l'on appelle, dans un sens plus restreint : la vie.

Quant au passage de la matière brute à la matière vivante, Hæckel l'explique par le procédé de la génération spontanée, dont il distingue deux modes essentiels : l'autogonie et la plasmogonie.

Par autogonie, il entend la production d'un individu très simple dans un liquide contenant à l'état de dissolution, et sous forme de combinaison simple et stable, les matériaux nécessaires à la composition de l'organisme (par exemple de l'acide carbonique, de l'ammoniaque, des sels binaires, etc.). Il appelle au contraire plasmogonie la génération spontanée d'un organisme dans un liquide générateur organique, c'est-à-dire dans un liquide contenant les matériaux nécessaires, sous forme de composés carbonés, complexes, instables (par exemple de l'albumine, de la graisse, des hydrates carbonés, etc.).

Hæckel est bien obligé d'avouer que, jusqu'ici, ni le phénomène de l'autogonie ni celui de la plasmogonie n'ont été observés directement, malgré les nombreuses expériences qui ont été tentées; mais elles avaient trait surtout à la plasmogonie, c'est-à-dire à la formation spontanée d'un organisme aux dépens de matériaux déjà organisés. Or, ces

expériences n'offrent qu'un intérêt secondaire.

La question qu'il importe surtout de résoudre est relative à l'autogonie, et on peut la poser ainsi : Est-il possible qu'un organisme naisse spontanément d'une matière qui n'a pas préalablement vécu ? Il faut bien l'avouer, les essais d'autogonie n'ont donné jusqu'ici aucun résultat positif. Mais Hæckel déclare que de ces essais, tentés ordinairement dans des conditions absolument artificielles, on n'est nullement autorisé à conclure, d'une manière générale, que la génération spontanée est impossible. « En effet, dit-il, quel moyen avons-nous de savoir si, durant les époques primitives infiniment reculées, il n'existait pas des conditions tout autres que les conditions actuelles, des conditions au sein desquelles la génération spontanée était possible ? »

En réalité, le meilleur argument qu'il croit pouvoir invoquer en faveur de l'hypothèse de la génération spontanée repose sur la découverte de ses Monères, et il déclare qu'à l'état parfait, alors qu'ils se meuvent librement, chacun de ces organismes se compose uniquement d'un petit grumeau de substance carbonée albuminoïde, sans structure. Pour lui, la découverte de ces organismes met à néant la plus grande partie des objections contre la théorie de la génération spontanée, et il ajoute que, puisque chez ces organismes il n'y a ni organisation ni différenciation quelconque de parties hétérogènes, puisque chez eux tous les phénomènes de la vie sont accomplis par une seule et même matière homogène et amorphe, il ne doit nullement répugner à l'esprit d'attribuer leur origine à la génération spontanée.

Hæckel, toutefois, n'a jamais pu invoquer en faveur de sa théorie qu'une simple raison de convenance ou, si l'on veut, de probabilité, et il ajoute que ces organismes homogènes, nullement différenciés encore, ressemblant par la simplicité de composition de leurs particules aux cristaux anorganiques, ont seuls pu naître par génération spontanée; seuls ils ont pu être les ancêtres primitifs de tous les autres organismes.

Mais une autre difficulté particulièrement grave se présente. Comment, en effet, la Monère se change-t-elle en Protiste ou, en d'autres termes, comment un organisme dont les éléments constitutifs offrent l'aspect d'un protoplasma informe fabrique-t-il un noyau pour devenir une cellule ? Pour résoudre une question d'une importance aussi haute, Hæckel fait encore appel à son imagination, et il déclare gravement que, pour comprendre ce phénomène, il suffira de supposer une simple condensation physique des molécules albuminoïdes centrales. La masse centrale, d'abord confondue avec le plasma périphérique, s'en sépare peu à peu, et forme un globule albuminoïde qui sera le noyau. Par cette simple modification, la Monère informe devient une cellule. Mais la constitution chimique du noyau diffère considérablement de celle du protoplasma, et celui-ci, quelque condensation que l'on suppose, ne se transformera jamais en noyau.

Malheureusement, si l'origine des premières Monères par génération spontanée paraît à Hæckel être un phénomène simple et nécessaire du mode d'évolution des corps organisés terrestres, leur existence est problématique, et il est, du reste, le premier à douter de leur réalité. Voici, en effet, comment il s'exprime à leur sujet : « J'accorde que ce phénomène, tant qu'il n'a pas été directement observé ou reproduit, soit et demeure une simple hypothèse; mais, je le répète, cette hypothèse est indispensable à l'enchaînement tout entier de l'histoire de la création. »

En résumé, toute la généalogie d'Hæckel repose sur deux affirmations gratuites qui ne sont que des conceptions de son esprit, et dont l'absence de preuves compromet singulièrement l'harmonie.

Pour n'avoir pas à recourir à une création surnaturelle, il admet :

1° Que la vie a apparu spontanément au fond des mers sous l'aspect de masses informes protoplasmiques ou Monères;

2° Que ces Monères, se différenciant, fabriquent un noyau, en un mot s'érigent en cellules, pour constituer le groupe des Protistes.

Sans vouloir entreprendre ici la discussion de l'hypothèse de la génération spontanée, qui sera réfutée dans l'un des chapitres suivants, nous répondrons à Hæckel que jamais, au laboratoire ou ailleurs, on n'a assisté à un changement entre la matière brute et la matière animée. Et cependant, que d'essais n'a-t-on pas tentés, qui toujours sont restés sans résultat !

Par ailleurs, puisque ces masses protoplasmiques sans noyau ou ces curieuses Monères

tapissaient le fond des mers, il y a une quarantaine d'années, pourquoi ne les retrouvet-on plus aujourd'hui ? Car enfin, les conditions de milieu n'ont pas changé pour elles, et la température des grandes profondeurs n'a certainement pas varié dans un si court espace de temps.

Nous ajouterons que, depuis quelques années, de nombreux dragages, nécessités par de nombreux travaux sous-marins, ont été exécutés et sont encore exécutés tous les jours, sans qu'on ait jamais ramené à la surface le moindre fragment de ces masses protoplasmiques. On ne peut nier cependant que les explorations sous-marines se font aujourd'hui avec des appareils autrement perfectionnés que ceux mis en œuvre du temps de Huxley ou de Hæckel. Et qu'on ne dise pas que beaucoup de particules de ces sortes de boues protoplasmiques ont pu passer inaperçues; car, de nos jours, l'attention du monde savant est puissamment attirée vers la solution du grave problème de l'origine de la vie, et c'est avec une curiosité passionnante que le naturaliste observe et interroge les moindres particules arrachées par les dragues dans les profondeurs des océans.

Mais si les Monères n'ont jusqu'ici apparu que dans l'imagination de Hæckel, du moins pourrions-nous lui demander de nous montrer quelques-unes des phases traversées par la matière brute pour arriver au phénomène de la vie. Il a dû y avoir un stade où cette matière brute devait tenir le milieu entre le corps inerte et la substance vivante. Pourquoi Hæckel ne nous a-t-il pas décrit ce stade intermédiaire ? Serait-ce, par hasard, brusquement que la vie aurait apparu ? Mais une telle affirmation irait contre le système évolutioniste lui-même, qui n'admet comme dogme que le principe des transitions lentes et presque insensibles.

Et puis, cette Monère, comment manifestet-elle sa vie ? A-t-elle des échanges avec le monde extérieur ? De quelle nature sont ces échanges ? Autant de questions dont l'importance ne saurait échapper à personne, et qui sont cependant restées sans réponse sous la plume de Hæckel et de ses disciples.

Mais où le naturaliste d'Iéna se met vraiment trop à l'aise avec les lois de l'expérimentation et avec les procédés de la rigueur scientifique, c'est quand il nous demande d'accepter sans contrôle le fait de l'apparition soudaine des noyaux dans ses masses protoplasmiques. A l'appui d'une telle assertion, on pourrait peut-être citer le fait de l'apparition de noyaux dans quelques globules rouges chez l'homme. Mais il s'agit toujours alors de cas pathologiques, et on doit se rappeler que, dans la vie embryonnaire, ces globules étaient déjà pourvus de noyaux qui ont disparu plus tard. On peut, dès lors, se demander si les éléments nucléaires ne restent pas en dissolution dans le protoplasma du globule, et si on n'assiste pas plutôt à un phénomène de reconstitution.

Rien de pareil dans les Monères d'Hæckel. L'apparition d'un noyau n'est plus un phénomène pathologique, mais bien plutôt le signe d'une organisation plus élevée, et on ne peut imaginer que les éléments constitutifs du noyau peuvent être considérés comme épars dans la masse protoplasmique, puisque l'un des caractères de la Monère d'Hæckel, c'est d'avoir débuté sans le moindre élément nucléaire.

V. — La génération spontanée.

La génération spontanée ou hétérogénie est l'acte par lequel la vie apparaît dans un milieu où il n'y a que des corps bruts ou minéraux, et où aucun germe vivant ne préexiste.

Exposons tout d'abord les idées des anciens à ce sujet, nous dirons ensuite comment cette doctrine a été envisagée depuis le XVIIe siècle jusqu'à nos jours.

On connaît l'adage des anciens philosophes : *Corruptio unius, generatio alterius.* Aussi, la vie pour eux naissait de la putréfaction, et Aristote déclare gravement que tout corps sec qui devient humide, ou tout corps humide qui devient sec peut produire des animaux, à la condition, toutefois, qu'il soit capable de les alimenter. C'est ainsi que les marais desséchés peuvent se peupler de poissons quand les pluies les remplissent, que les chenilles prennent naissance dans les plantes, que la rosée produit des insectes, et que les poux apparaissent spontanément sur le corps des animaux supérieurs.

On pouvait même assister au spectacle de ces transformations successives, et Diodore de Sicile nous raconte qu'il a vu dans le limon du Nil des animaux à moitié formés débattre à la surface du sol leur portion antérieure complètement achevée, tandis que la région

terminale encore informe reste mélangée à la terre.

Virgile, dans ses *Géorgiques,* nous apprend comment le berger Aristé obtint de nouveaux essaims d'abeilles. Il sacrifie quatre taureaux aux mânes d'Orphée, et, quelque temps après, des entrailles corrompues des victimes il voit sortir des essaims qui s'élèvent dans les airs en un nuage immense.

Il faut lire, dans les *Métamorphoses* d'Ovide, comment la terre fut repeuplée après le déluge. Nous en citerons ce passage, d'après la traduction du Dr Charpentier, qui nous a souvent servi de guide dans les premières pages de ce paragraphe.

« Deucalion et Pyrrha s'éloignent, voilent leurs têtes, détachent la ceinture de leurs vêtements, et, soumis à l'oracle, ils jettent des pierres derrière eux. Les pierres se dépouillent de leur dureté et acquièrent peu à peu une ductilité qui se prête à de nouvelles formes; bientôt elles s'allongent, et leur substance amollie représente quelques traits de la forme humaine encore peu sensible : tel le marbre, sous les premiers coups de ciseau, n'offre qu'une image grossière de l'homme. La partie des pierres où un suc liquide se mêle à la substance terreuse fut changée en chair; la partie solide, que rien ne peut ramollir, fut changée en os; les veines conservèrent la même forme et le même nom. En quelques instants, par la volonté des dieux, les pierres que lança la main de l'époux prirent la forme de l'homme; les femmes naquirent des pierres lancées par la femme.

» La terre créa spontanément les autres animaux avec diverses formes. Lorsque l'eau déposée dans son sein se fut échauffée aux rayons du soleil, et que la chaleur eut mis en fermentation le limon des marais humides, le germe fécond des êtres, nourri par un sol vivifiant, s'y développa et prit une forme particulière. Ainsi, quand le Nil aux sept branches quitte les campagnes encore humides et ramène les eaux dans leur ancien lit, du haut des cieux le soleil échauffe le limon récemment déposé par le fleuve; alors, le laboureur, en retournant la glèbe, trouve un grand nombre d'animaux : les uns à peine formés et au moment même de leur naissance; les autres n'ayant pas encore tous leurs membres. Souvent dans le même corps une partie vit, tandis que l'autre est une argile grossière. L'humidité et la chaleur, tempérées l'une par l'autre, sont la cause productive des êtres, et, quoique le feu soit opposé à l'eau, la vapeur humide engendre tout. Cette union des principes contraires est la source de la génération. Aussitôt que la terre couverte du limon laissé par les eaux se fut échauffée aux rayons solaires lancés du haut des airs, elle produisit des animaux sans nombre, rendit aux uns leur ancienne forme, et donna aux autres des formes nouvelles. »

Les écrits des naturalistes, comme ceux des poètes ou des philosophes, reflètent ce sentiment commun de leur ferme croyance à la génération spontanée. Pline le Naturaliste et Columelle n'ont pas l'ombre d'un doute à cet égard, et Lucrèce, dans son *De naturâ rerum,* nous expose en un langage très imagé comment s'est fait le passage de la nature inanimée aux animaux et aux végétaux. S'adressant à son ami Memmius, il lui tient ce langage : « Il faut bien que tu reconnaisses que tous les êtres que nous voyons doués de sensibilité sont cependant composés de principes insensibles. Et cette assertion n'est ni réfutée ni contredite par les faits qui nous sont familiers et que tout le monde connaît; ou plutôt ces faits nous conduisent pour ainsi dire par la main et nous amènent à croire que des êtres animés naissent, comme je le dis, de corps dénués de sentiment. On peut voir, en effet, des vers luisants sortir de la fange immonde, quand la terre détrempée par les pluies excessives entre en putréfaction. Toutes choses se métamorphosent de la même manière. Les eaux des fleuves se changent en feuillage, et l'herbe des prairies en troupeaux; les troupeaux transformés deviennent des corps humains.

» Ainsi la nature transforme toute espèce d'aliment en matière vivante et produit de cette façon tous les organes des animaux, à peu près comme elle fait sortir la flamme du bois sec et transforme en feu toute espèce de corps. »

Devançant les idées de la chimie moderne, qui attribue un rôle de la plus haute importance à la disposition des molécules, Lucrèce nons déclare que, quand des morceaux de bois ou des molécules de terre entrent en décomposition par l'effet des pluies, ils enfantent des vermisseaux, et il en donne la raison suivante :

« C'est que les éléments de la matière, dis-

traits de leur ancien arrangement par une modification nouvelle, s'agencent de la façon qui convient à la production d'êtres vivants. »

Durant tout le moyen âge, la doctrine de la génération spontanée fut universellement acceptée, et le P. Kircher, dans son curieux ouvrage *Mundus subterraneus*, nous apprend qu'en ensemençant la terre avec de la poudre de serpent, on peut faire une récolte de ces reptiles. Ailleurs, il nous explique la transformation des végétaux en animaux, qu'il accompagne de figures bien curieuses, où il essaye de nous faire mieux comprendre comment s'opèrent ces changements, et il s'exprime ainsi :

« J'ajouterai ceci, qui est extraordinaire. Parmi de petites branches de *Liburnum* que l'on appelle vigne blanche, j'ai souvent trouvé un zoophyte (animal plante) ayant la démarche d'une araignée et dont le corps très mince est muni de six pieds et d'une tête de chenille. En cherchant avec soin d'où pouvait provenir cet insecte, j'ai réussi à découvrir qu'il était né de petites branches fructifiées dudit *Liburnun*, envahies par la putréfaction ; et c'est bien des fois que j'ai pu saisir cet animal né sur une branche encore verte, aussi est-ce à bon droit que je l'ai nommé zoophyte; j'en ai trouvé plusieurs dont la partie postérieure du corps était encore en bois, alors que la partie antérieure possédait la vie; j'en ai vu dont le milieu du corps, soutenu par des pieds, était identique au bois d'une petite branche de *Liburnum*, mais dont les pieds et la tête étaient déjà agités par la vie. Aussitôt que toute la moelle de la petite branche et des six petits rameaux est transformée en être vivant, l'animal se sépare du tronc et s'avance à la manière des autres insectes hexapodes. Quand je fis voir à plusieurs des nôtres cette stupéfiante métamorphose, on ne peut dire à quel point ils admirèrent une aussi rare et aussi monstrueuse naissance, surtout quand ils virent la partie antérieure du corps mue par les pieds, tandis que la partie postérieure était encore attachée au tronc. La même chose se produit avec les branches d'Hippuris et avec d'autres pailles, comme le montrent les figures que je donne, afin de ne rien omettre qui puisse satisfaire la curiosité du lecteur. »

Dans le grand ouvrage d'histoire naturelle d'Aldrovande, qui résume pour nous l'état de la science au XVIe siècle, nous trouvons deux figures reproduites dans le livre du Dr Charpentier et qui sont destinées à montrer comment des oies bernaches peuvent provenir des fruits de certains arbres. Trompés par une certaine ressemblance extérieure, les naturalistes de cette époque croyaient fermement que les Crustacés cirripèdes que l'on nomme des Anatifes étaient les fruits d'un arbre croissant au bord de l'eau, mais malheureusement le nom de l'arbre a été omis par l'auteur. Ces prétendus Anatifes tombaient dans l'eau, et, par une série de transformations dont les figures nous ont été conservées, se changeaient enfin en oies bernaches.

On arrive ainsi jusqu'au début du XVIIe siècle, où un médecin, Van Helmont, indique une méthode assez singulière pour faire naître des souris. On prend un vase renfermant du blé ainsi qu'une chemise sale, et, au bout de quelques jours, un ferment, venant de la chemise, transforme les grains de blé en souris. Celles-ci apparaissent déjà sous la forme adulte. Il ajoute, en effet : « Cela est d'autant plus admirable que les souris, venant du blé et de la chemise, ne sont pas petites, ne sont plus à la mamelle, ni minuscules ni avortées, mais sont très bien formées et peuvent sauter. »

Quelques années après, un Italien, Buonanni, annonçait une chose non moins fantastique. « Certains bois, disait-il, après avoir pourri dans la mer, produisaient des vers, qui engendraient des papillons, et ces papillons devenaient des oiseaux. »

Mais, au XVIIe siècle, un esprit nouveau semble animer les sciences d'observation. On ne se contente plus seulement d'affirmer d'après Aristote ou les anciens; on examine de plus près, on expérimente; en un mot, on observe. Cette méthode nouvelle, dont les merveilleux résultats allaient étendre considérablement le champ des connaissances humaines, trouva un secours précieux dans la découverte du Hollandais Jansen, en 1590. Nous avons nommé le microscope. Certes, au début, avec ses 2 mètres de longueur, ce n'était pas un instrument bien portatif et d'un usage commode, mais les services qu'il rendit lui firent pardonner ses défauts.

La facilité qu'il offrait de voir des organismes minuscules faillit tout d'abord donner un regain d'actualité à la croyance à la génération spontanée ; car, si on avait bien vite acquis la conviction qu'aucun animal élevé en organisation ne pouvait se multiplier par

hétérogénie, la genèse de quelques êtres à formes plus rudimentaires, comme celle des vers intestinaux, des poux, etc., restait encore douteuse. Mais surtout, quelle origine attribuer à tous ces êtres infiniment petits qui apparaissent dans des bouillons de viande ou dans des infusions de foin, et qui s'y multiplient avec une si étonnante rapidité ? Comment pouvaient-ils apparaître ainsi, sinon par génération spontanée, disaient les hétérogénistes ? Et, puisque la génération spontanée était la seule explication plausible de leur présence, pourquoi ne pas admettre cette même explication pour les poux et les vers intestinaux ?

C'est ainsi que les infiniment petits vinrent tout remettre en question, provoquant de nouvelles recherches et des discussions parfois passionnées dont nous allons donner un résumé rapide.

Ce fut un naturaliste italien, Francesco Redi, à la fois médecin et poète, qui dirigea la première attaque contre la doctrine de la génération spontanée. C'est par génération spontanée, avait-on dit jusqu'alors, que naissent les petits vers blancs que l'on aperçoit certains jours d'été sur la viande. Mais Redi ayant remarqué que les vers n'apparaissaient pas sur la viande si des mouches ne venaient pas tout d'abord se poser sur elle, imagina de placer une simple gaze sur un morceau de viande. Il vit alors les mouches, auxquelles l'accès de la viande était interdit, venir déposer leurs œufs sur la gaze. Il assista à l'éclosion de ces œufs, et quelle ne dut pas être sa satisfaction, quand il constata sur la gaze des quantités de vers qui n'avaient jamais été au contact de la viande. Ceux-ci ne provenaient donc pas d'une génération spontanée, et ils se transformaient eux-mêmes en mouches en devenant adultes.

Plus tard, un autre Italien, professeur de médecine à Padoue, Vallisnieri, reconnut que les vers rencontrés dans les fruits provenaient également d'un œuf déposé par un insecte avant le développement du fruit.

La théorie de la génération spontanée perdait ainsi tous les jours du terrain, quand, au milieu du XVIIIe siècle, la discussion fut reprise et portée sur le terrain de l'expérimentation par deux prêtres d'une très haute valeur intellectuelle : l'un Irlandais, l'abbé Needham ; l'autre Italien, l'abbé Spallanzani.

Pour démontrer que les êtres infiniment petits pouvaient naître par génération spontanée, Needham imagine l'expérience suivante : Prendre une infusion complètement privée de germes organisés, la conserver quelques jours à l'abri des germes de l'air, et faire constater que, malgré toutes les précautions prises, l'infusion se peuple de germes.

Pour réaliser ses expériences, Needham enferma ses infusions dans des vases bien clos, les chauffa pour y détruire les germes et les laissa ensuite en repos. Or, quel ne fut pas son étonnement quand, les ayant ouverts quelques jours après, il trouva des milliers d'animalcules dans ses infusions. « Et cependant, dit-il, la chaleur a tué tous les germes qui pouvaient exister au début, germes provenant des parois du vase, de l'eau, des matières infusées ou bien de l'air ; le vase étant hermétiquement clos, rien de vivant n'a pu s'y glisser après le chauffage ; il est donc évident que les germes que nous y trouvons sont nés par génération spontanée. »

Les conclusions de Needham paraissaient justes, et personne ne pouvait suspecter sa loyauté. C'était, en effet, un observateur habile, déclarait Pasteur, un prêtre catholique d'une foi vive, qualités qui, dans un tel sujet, paraissaient comme un sûr garant de la sincérité de ses convictions.

Mais il trouva en l'abbé Spallanzani un adversaire redoutable, « l'un des plus habiles physiologistes dont la science puisse s'honorer, le plus ingénieux, le plus difficile à satisfaire. » (Pasteur.) Needham avait affirmé qu'en enfermant dans des vases une matière putrescible et en mettant ces vases dans des cendres chaudes, il trouvait des animalcules. Mais Spallanzani soupçonna d'abord que Needham n'avait pas exposé les vases à un degré de feu suffisant pour faire périr tous les germes. « Je répétai, écrit Spallanzani, cette expérience avec plus d'exactitude ; j'employai des vases hermétiquement clos, je les tins plongés dans l'eau bouillante pendant l'espace d'une heure, et, après les avoir ouverts et examiné leurs infusions, je ne trouvai plus la moindre apparence d'animalcules, quoique j'eusse observé au microscope les infusions de dix-neuf vases différents. »

Ainsi tombait aux yeux de Spallanzani la singulière théorie de Needham. Mais celui-ci ne s'avoua pas vaincu, et il déclara que les expériences de son adversaire avaient été mal conduites. « Spallanzani, dit-il, a scellé

hermétiquement dix-neuf vases remplis de différentes substances végétales, et il les a fait bouillir ainsi fermés pendant l'espace d'une heure. Mais de la façon qu'il a traité et mis à la torture ses dix-neuf infusions végétales, il est visible que non seulement il a beaucoup affaibli, ou peut-être totalement anéanti la force végétative des substances infusées, mais aussi qu'il a entièrement corrompu, par les exhalaisons et par l'ardeur du feu, la petite portion d'air qui restait dans la partie vide de ses fioles. Il n'est pas étonnant, par conséquent, que des infusions ainsi traitées n'aient donné aucun signe de vie. Il en devait être ainsi. »

Spallanzani reprit alors ses expériences, en varia la forme et aboutit finalement à cette conclusion que, si l'on chauffait peu les infusions, elles se comportaient comme l'avait déclaré Needham ; au contraire, si on les chauffait suffisamment, on ne voyait plus apparaître le moindre animalcule. Par conséquent, Needham ne chauffait pas assez pour tuer les germes, et la génération spontanée n'était qu'une illusion. Needham, toutefois ne voulait pas s'avouer vaincu, et il répondait que Spallanzani avait beaucoup affaibli et peut-être anéanti la force végétative des substances infusées, en tenant ses vases exposés à l'action de l'eau bouillante pendant une heure. Aussi lui conseillait-il d'employer un feu moins ardent.

PASTEUR EN 1850
(Dr Charpentier.)

Les hétérogénistes avaient souvent invoqué en faveur de leurs idées la genèse des vers intestinaux. Or, de 1850 à 1860, Siebeld, Leuckart, Kœlliker, Van Beneden parvinrent à découvrir l'évolution, souvent fort compliquée, de quelques-uns de ces parasites. Voyons, en effet, ce qui se passe pour le ver solitaire. Les œufs qui se trouvent dans les déjections de l'homme doivent, pour éclore, être avalés par le porc. Dans l'estomac de celui-ci, leur coque est dissoute, et les embryons gagnent les muscles de l'animal; là, ils s'entourent d'une coque, et restent inertes sous le nom de cysterciques. Le porc qui les héberge est alors dit ladre. Qu'un homme vienne à consommer cette viande ladre, insuffisamment cuite, ces cysterciques se transforment dans son tube digestif en vers solitaires. On comprend facilement combien ces faits devaient paraître mystérieux à ceux qui en ignoraient l'enchaînement.

La découverte de la véritable origine des vers intestinaux venait de porter un coup très grave à la doctrine de la génération spontanée, mais elle avait toujours pour elle l'origine encore inexpliquée des microbes. Pasteur allait réduire à néant cette dernière preuve.

Le 20 décembre 1858, l'Académie des sciences recevait la première communication de Pouchet, qu'il présentait sous le titre suivant : *Note sur les protoorganismes végétaux et animaux, nés spontanément dans l'air artificiel et dans le gaz oxygène.* Pouchet y annonçait la production d'organismes dans un milieu composé de fragments de foin chauffés à l'étuve, et mis en contact avec de l'oxygène ou de l'air artificiel. Il alla plus loin et déclara qu'il était en mesure de démontrer que l'on pouvait faire naître des animaux et des plantes dans un milieu absolument privé d'air atmosphérique, dans lequel, par conséquent, celui-ci n'avait pu apporter aucun germe d'êtres organisés.

Ce travail fut accueilli par une protestation énergique. Milne Edwards, de Quatrefages, Claude Bernard, Dumas, Lacaze-Duthiers prirent aussitôt parti contre Pouchet. De Quatrefages soutint que l'on rencontrait en grand nombre dans l'air soumis à l'examen microscopique « de ces petits corps sphériques ou ovoïdes qui font naître involontairement l'idée d'un œuf d'une excessive petitesse ».

En même temps, Van Beneden, Gaultier de Claubry soutinrent que la résistance vitale de ces germes de l'atmosphère était très considérable, et que les moyens de destruction mis en usage par les hétérogénistes étaient insuffisants.

Pouchet procédait de son côté à l'analyse des poussières de l'atmosphère, et n'arrivait

pas à y déceler la présence de ces innombrables germes observés par de Quatrefages.

Le monde scientifique s'agitait autour de ces discussions, et l'Académie des sciences, désireuse de voir enfin élucider ce grave problème, met au concours la question suivante :

Essayer, par des expériences bien faites, de jeter un jour nouveau sur la question des générations spontanées.

En octobre 1859, Pouchet avait fait paraître *l'Hétérogénie ou Traité de la Génération spontanée.* Il y discutait la dissémination des germes, y décrivait les diverses périodes du développement spontané des microzoaires, et formulait les lois de l'hétérogénie. Sa confiance était sans bornes, car les infusions préparées par lui, et préalablement stérilisées par ébullition, se peuplaient de microzoaires dont on ne trouvait pas les germes dans l'atmosphère; ils étaient donc spontanés.

Dès le 6 février de l'année suivante, Pasteur descendait dans l'arène. Déjà il avait soulevé l'enthousiasme de Biot par ses expériences sur les cristaux dissymétriques et ses démêlés avec Liebig et l'école allemande, au sujet des fermentations, avaient été pour lui l'occasion de nouveaux succès; aussi avait-il déjà conquis la confiance du monde scientifique.


POUCHET (1833-1894)

Dans un modeste laboratoire de l'Ecole normale, il avait entrepris, avec le concours de son préparateur, Jules Raulin, l'étude microscopique de l'air, et, le 6 février 1860, il put remettre à l'Académie des sciences les conclusions de ses premières recherches, où il disait textuellement : « Il n'y a quoi que ce soit dans l'air, hormis les germes qu'il charrie, qui soit une condition de la vie. »

Mais, puisque des germes existent dans l'atmosphère, ne pourrait-on essayer de les arrêter au passage? C'est alors que Pasteur entreprit cette série d'expériences dont le retentissement fut si considérable, et que nous allons résumer d'après l'ouvrage si documenté de Vallery-Radot.

Dans un tube de verre il met un tampon de coton-poudre modérément serré, et, au moyen d'un aspirateur, il fait passer un courant d'air qui dépose sur le coton une partie des corpuscules tenus en suspension. En mettant dans une infusion stérile une parcelle de ce coton filtre, le liquide s'altérait aussitôt. Pasteur pouvait donc conclure qu'il y a dans l'air des corpuscules organisés. Mais, en même temps, il avait remarqué que si on plaçait à l'abri des poussières de l'air le liquide le plus putrescible, celui-ci restait indéfiniment pur.

A la suite de ces observations, Pasteur écrivit à Pouchet, pour lui signaler que les conséquences auxquelles ce savant était arrivé n'étaient pas fondées sur des faits d'une exactitude irréprochable. Celui-ci se défendit avec vigueur, puissamment aidé par Nicolas Joly, professeur de physiologie à Toulouse, qui avait donné à l'un de ses élèves, Charles Musset, comme sujet de thèse : *Nouvelles recherches expérimentales sur l'hétérogénie ou génération spontanée.*

Pour prouver qu'il y avait dans l'air des zones infectées et des zones stériles, Pasteur prépare soixante-treize ballons, qu'il se dispose à ouvrir dans différentes régions.

Les vingt premiers sont ouverts sur la route de Dôle, à peu de distance de la maison paternelle, et assez loin de toute habitation. La plupart restent stériles; huit, toutefois, se troublent et révèlent la présence de microorganismes.

Soupçonnant que l'air est d'autant plus pauvre en germes qu'on s'élève à de plus hautes altitudes, Pasteur gagne Salins et gravit le mont Poupet, qui s'élève à 850 mètres au-dessus du niveau de la mer. Sur vingt nouveaux ballons qui sont ouverts, il n'y en

a plus que cinq qui s'altèrent. C'est alors qu'il décida de s'élever plus haut, et il partit pour les Alpes. Arrivé sur la mer de glace, il ouvre une nouvelle série de vingt ballons, et, à sa grande satisfaction, un seul se trouble.

La conclusion que l'on pouvait retirer de ces expériences est qu'il y a dans l'air des zones riches en germes et des zones absolument stériles. En outre, la teneur en micro-organismes diminue avec l'altitude.

Mais, pendant ce temps, Pouchet ne restait pas inactif. Recueillant de l'air dans les plaines de la Sicile, sur mer et jusque sur l'Etna, il parvenait à déceler partout la présence d'éléments favorables à la genèse organique, et il soutenait qu'avec un décimètre cube d'air pris n'importe où, on pouvait produire des légions de microzoaires et de mucédinées.

Les expériences de Pouchet et de ses disciples paraissaient également concluantes, et, au mois de novembre 1863, Joly et Musset exprimèrent le vœu que l'Académie nommât une Commission qui jugerait la valeur des expériences de Pasteur et de ses adversaires. Pasteur accepta le défi, et, d'un commun accord, la discussion fut fixée à la première quinzaine de mars.



LOUIS PASTEUR (1822-1895)

La Commission, nommée le 4 janvier 1864, se composait de Flourens, Dumas, Brongniart, Milne-Edwards et Balard. La haute autorité qui s'attachait à leurs noms permettait d'espérer une solution prochaine et également acceptée des deux partis, mais, au jour convenu, Pasteur seul était prêt à affronter le verdict. Quant à Pouchet, Joly et Musset, ils demandèrent un sursis et proposèrent à la Commission d'ajourner les expériences jusqu'à l'été, sous prétexte que l'hiver pouvait être défavorable à la génération spontanée.

C'est en juin seulement que les quatre adversaires purent être mis en présence par l'Académie, qui les invita à comparaître au laboratoire de Chevreul : « J'affirme, dit Pasteur, qu'en tout lieu il est possible de prélever un volume d'air qui ne contienne ni œuf ni spore, et ne produisant aucune génération dans les solutions putrescibles. » De l'avis de la Commission, la contestation ne portant que sur un simple fait, il était inutile de multiplier les expériences; aussi, une seule conduite avec soin et bien contrôlée suffirait-elle. Pasteur accepte les conditions imposées. Il n'en fut pas de même des hétérogénistes. Ils entendent recommencer toute une série d'expériences, et, au lieu de céder, ils abandonnent la lutte, récusant les juges qu'ils avaient eux-mêmes souhaités. C'était avouer leur défaite.

A quoi tenaient donc les résultats contradictoires obtenus ? Nous le savons aujourd'hui. Pasteur introduisait dans ses ballons de l'eau de levure, tandis que Pouchet et ses disciples employaient l'eau de foin. Or, l'eau de levure portée à 100° ne renferme plus de germes vivants; en un mot, elle est stérile, tandis que l'eau de foin ne l'est pas, parce qu'elle contient toujours des spores du *Bacillus subtilis*, que la chaleur ne tue pas à 100°.

Les hétérogénistes acceptaient difficilement leur défaite, aussi saisissaient-ils la moindre occasion pour rouvrir le débat.

En 1865, la polémique recommença plus brûlante que jamais à l'occasion d'un mémoire de V. Meunier « sur la résistance vitale des Kolpodes enkystés », et, quelques années plus tard, en 1871, Frémy et Trécul ayant de

nouveau exhumé les arguments surannés de Pouchet, Pasteur n'eut pas de peine à les réfuter.

La cause de l'hétérogénie paraissait définitivement vaincue et ses partisans réduits au silence, quand soudain, en 1876, un jeune médecin anglais, le Dr Bastian, professeur d'anatomie pathologique à l'University College de Londres, rouvrit le débat en ces termes :

« Vous n'avez jamais vu la matière inerte se transformer en êtres vivants, écrivit-il à Pasteur; cela est fort étrange, car la chose est bien facile à observer. Prenez de l'urine, faites-la bouillir, rendez-la ensuite neutre ou légèrement alcaline en y ajoutant une petite quantité d'une solution de potasse également bouillie, et mettez-la dans une étuve à 50°. Au bout d'une dizaine d'heures, vous constaterez qu'elle est peuplée d'une foule de bactéries. Tout ayant été chauffé à l'ébullition, les microbes ne peuvent venir que de la matière inorganique qui s'est organisée; vous assistez donc à une génération spontanée. »

Pasteur reconnut l'exactitude des faits avancés, mais il ne tarda pas à donner à son adversaire l'interprétation juste des faits qu'il lui opposait.

« Libre à M. Bastian, dit-il, de croire que ces faits prouvent la génération spontanée. Moi, je réponds qu'il n'en est rien et qu'ils démontrent seulement que certains germes d'organismes inférieurs résistent à la température de 100°, dans les milieux neutres ou légèrement alcalins, sans doute parce que leurs enveloppes ne sont pas dans ces conditions pénétrées par l'eau, et qu'elles le sont, au contraire, si le milieu où on les chauffe est légèrement acide. »

Cette manière de voir trouva en Bastian un contradicteur énergique, et la discussion menaçait de se prolonger quand, au mois de juillet 1877, Pasteur y mit fin par une expérience qui restait sans réplique. Il y a, en effet, des spores comme celles de *Bacillus subtilis,* qui résistent très bien à la température de 100°; mais si on chauffe l'urine des ballons non plus à 100°, mais à 110°, on peut la conserver indéfiniment sans que jamais elle se peuple de microbes. A 110 degrés, en effet, tous les microbes sont tués, pourvu qu'ils soient humides.

Ainsi se termina par la victoire de Pasteur ce grand débat sur la génération spontanée.

VI. — La théorie des Cosmozoaires.

Dès que parurent les premiers travaux de Pasteur contre la doctrine de l'hétérogénie, la plupart de ceux qui avaient adhéré à la génération spontanée comme à un dogme qui devait les débarrasser de la création, sentirent la partie perdue, et leur esprit s'appliqua dès lors à trouver un autre système qui pût rendre compte des faits observés, sans pour cela faire intervenir un acte surnaturel. De là, la théorie qui admet l'existence de germes d'organismes inférieurs répandus partout dans l'espace cosmique ou, comme Preyer l'a brièvement désignée, la théorie des Cosmozoaires ou du panspermisme, imaginée par H. E. Richter en 1870, et qu'on voulut tout d'abord opposer à la doctrine de la génération spontanée.

Pour Max Verworn, dont nous résumons l'étude, le point de départ de la doctrine des Cosmozoaires est le suivant. — Partout, dans l'espace, flottent de petites particules solides, se détachant continuellement des corps cosmiques à la faveur de leur vol rapide. Or, Richter croit pouvoir admettre que des germes de microorganismes aptes à se développer, et à devenir plus tard de véritables cellules, adhèrent à ces parcelles solides. Celles-ci tourbillonnent dans l'espace, entraînant avec elles les germes microorganiques, qui finissent par parvenir sur d'autres corps. Lorsque de tels germes rencontrent un monde dont le stade d'évolution offre précisément les conditions vitales les plus favorables, en particulier un certain degré de chaleur et d'humidité, ils commencent alors à s'y développer, et deviennent le point de départ de tout un monde d'organismes. Cette explication de Richter suppose évidemment l'éternité de la vie, et il déclare qu'en tout lieu, dans l'espace cosmique, il y a toujours eu des germes vivants, et que la cellule elle-même, principe de tout corps organisé, a existé de toute éternité : *Omne vivum ab æternitate e cellulà,* dit Richter, modifiant ainsi l'ancien adage de Harvey, et lui donnant cette nouvelle forme, à l'imitation de Virchow.

La vie organique n'a donc jamais eu d'origine; elle a été seulement transportée continuellement d'un corps cosmique sur un autre. Par conséquent, le problème de l'origine de la vie sur la terre ne se pose pas pour Richter de la même façon que pour nous. Il ne s'est pas demandé comment la vie était

née sur la terre, mais plutôt comment elle était parvenue des autres corps cosmiques sur la terre. Une objection, toutefois, arrête quelque temps son esprit. Est-il possible, en effet, que des germes soient parvenus de l'espace cosmique sur la surface de la terre sans s'enflammer et périr par suite de la haute température développée par leur frottement au moment de leur passage à travers l'atmosphère. Richter croit pouvoir l'affirmer, et, à l'appui de son affirmation, il cite le fait observé par lui que, dans beaucoup de météorites, il a aperçu des traces de carbone et même d'humus et de matières pétrolifères. Or, si ces derniers éléments ont pu parvenir sur terre sans être brûlés, n'est-il pas possible d'admettre que des germes ont pu traverser l'atmosphère sans perdre leur aptitude à vivre ?

Maintenant, que des germes organiques aient pu supporter un long voyage à travers l'espace cosmique, pour se transporter d'un corps céleste à l'autre, bien que dépourvus d'eau et de substances alimentaires, cela ne fait aucun doute à l'esprit de Richter. Il y a, en effet, dans les organismes, un état de mort apparente, et aussi dans les spores de micro-organismes une substance apte à vivre, qui peut demeurer très longtemps sans eau et sans nourriture, dans une sorte de vie latente, apte à renaître ensuite à la vie active, dès qu'elle rencontre les conditions vitales nécessaires.

Quelques années plus tard, Helmholtz et William Thomson ont aussi envisagé la question d'un transfert possible de la vie d'autres corps célestes sur notre globe, et tous deux ont considéré cette hypothèse comme n'ayant rien de contraire à la rigueur scientifique. Pour appuyer son opinion, Helmholtz invoque des arguments de l'ordre astronomique. « Les météorites, dit-il, contiennent parfois des combinaisons hydrocarburées, et la lumière de la tête des comètes donne un spectre qui offre la plus grande analogie avec celui de la lumière électrique dans les gaz hydrocarburés. Or, le carbone est l'élément caractéristique des combinaisons organiques qui constituent l'être vivant. Qui peut dire si ces corps qui voltigent dans l'espace cosmique ne répandent pas aussi des germes de vie partout où ils se trouvent en contact avec de nouveaux mondes capables de donner asile à des créatures organiques ? Et cette vie, dont les phases se manifestent sous nos yeux, ne devrions-nous pas plutôt la considérer comme la conséquence de l'activité des germes primitifs, quelque considérables que soient les écarts de forme produits par l'adaptation aux conditions d'un nouvel habitat ? »

Helmholtz ne met pas en doute que les météorites puissent contenir de tels germes, car les plus grosses ne s'échauffent qu'à la surface, dans leur course à travers l'atmosphère, tandis que l'intérieur reste froid. Il est même tellement convaincu de la réalité de la conception des Cosmozoaires, qu'il n'hésite point à dire : « Je ne pourrais jamais discuter avec quelqu'un qui s'obstinerait à considérer cette hypothèse comme invraisemblable. » Il accorde que tous nos efforts ont échoué pour faire naître les organismes de la matière brute; mais alors, n'est-il pas absolument logique de se demander si la vie a jamais eu une origine, si elle n'est pas plutôt aussi vieille que la matière, et si des germes transportés d'un monde sur un autre ne se seraient pas plutôt développés là où ils auraient pu trouver un terrain favorable. « Il est clair, ajoute-t-il, qu'on est en droit de formuler cette alternative. Ou bien la vie organique commença à apparaître à une époque quelconque, ou bien elle a existé de toute éternité. »

Nous ne saurions dire si Helmholtz et Richter se sont fait une bien grande illusion sur la valeur de leurs arguments; mais pour tout esprit impartial et uniquement préoccupé de rigueur scientifique, l'hypothèse des Cosmozoaires ne résout nullement le problème de l'origine de la vie. Tout au plus recule-t-elle la question en la transportant sur un autre terrain. Si la vie est parvenue sur la terre sous forme de germes, il restera toujours à démontrer comment elle s'est formée dans les autres planètes, et à quelles combinaisons elle doit sa réalisation. En outre, malgré les explications de Richter, il est difficile de concevoir comment elle a pu traverser les espaces célestes sans périr, par suite de la haute température, puisqu'au delà de 100° aucune vie ne peut se maintenir, du moins pendant un certain temps; comment d'ailleurs, si elle a vaincu ces obstacles, parce qu'elle était à l'état de potentiel, s'est-elle manifestée sur notre globe, et suivant quelles conditions ?

Une nouvelle réfutation de la théorie du panspermisme vient d'être donnée à l'Aca-

démie des sciences par Paul Becquerel, dont nous allons résumer les observations. Ses recherches lui avaient fait voir que les graines et les spores de champignon avaient leur vie suspendue sous l'influence combinée de la dessiccation, du vide et des basses températures. Or, telles sont les conditions réalisées dans les espaces célestes. Mais, dans l'hypothèse panspermique, l'un des facteurs les plus importants de la conservation de la vie a été négligé; c'est, dit Becquerel, l'influence des radiations ultra-violettes émises par les astres incandescents. Partant de ce fait d'observation, que le rayonnement des lampes électriques en quartz à vapeur de mercure tue en quelques secondes, à 10 centimètres de distance, les bactéries et les spores humides séjournant dans l'air ou leur milieu de culture, Becquerel s'est demandé s'il en serait de même dans le vide sec et aux basses températures.

Des spores et des bactéries particulièrement résistantes sont étalées en couche mince sur des lamelles de verre stérilisées, puis desséchées à 35° pendant toute une journée. Ici, laissons la parole à Becquerel : « Une partie de ces lamelles étant réservée pour les expériences témoins, les autres furent introduites dans un large tube stérilisé, contenant au fond un peu de mercure, et susceptible d'être hermétiquement clos par une plaque de quartz. A l'aide d'une tubulure latérale, le tube était soudé à une trompe à mercure, puis entièrement vidé. Chacun de ces tubes détachés de la trompe a été plongé dans un réservoir à air liquide, au-dessus duquel se trouvait suspendue, à 10 centimètres de distance, une lampe Heræus de 110 volts; la position de la lampe était réglée de telle manière que ses rayons tombent normalement sur la lamelle qui reposait à plat sur le mercure congelé. Les tubes ont été ensuite transportés au laboratoire, ouverts avec toutes les précautions en usage pour éviter l'introduction des germes extérieurs, et les lamelles, cassées en petits fragments, ont servi à ensemencer des milieux nutritifs stériles. »

Or, voici en abrégé le résultat de ces expériences.

Dans une première série d'essais, les spores d'*Aspergillus*, du mucor et de la bactéridie charbonneuse qui habituellement sont tuées à cette distance par une exposition de deux à trois minutes, ont résisté à une insolation de quarante-cinq minutes. Dans une seconde série qui dure trois heures, presque toutes les spores sont anéanties, sauf celles d'*Aspergillus* et du charbon, qui germent avec un retard de cinq à six jours.

Enfin, dans une troisième série où la meilleure dessiccation possible est obtenue, les spores d'*Aspergillus* et du charbon sont tuées en six heures par l'action de l'ultra-violet dans le vide et à la température de l'air liquide. Au contraire, toutes les spores témoins qui avaient subi les mêmes influences, sauf celle de l'ultraviolet, ont parfaitement germé.

Si donc l'action combinée de la dessiccation du vide et du froid augmente la résistance des spores à l'influence des rayons ultra-violets, elle ne les empêche pas d'être détruites après quelques heures, et ainsi apparaît l'action bactéricide de ce rayonnement.

Or, les espaces célestes sont sans cesse traversés par le rayonnement solaire, riche en radiations ultra-violettes; il y a donc beaucoup de probabilités pour que les spores que l'on suppose voyager dans ces zones dangereuses soient rapidement détruites.

La conclusion qui s'impose est que, s'il y avait des germes vivants dans les espaces interplanétaires, ils ne tarderaient pas à périr, et ne pourraient ainsi apporter la vie sur les corps où ils se fixent.

VII. — La théorie de Preyer.

Des considérations d'un autre ordre ont conduit Preyer à une théorie sur l'origine de la vie qui est en opposition aussi bien avec la doctrine de la génération spontanée qu'avec la théorie des Cosmozoaires.

D'après les travaux de Verworn, à qui nous empruntons la théorie de Preyer, ainsi que celle de Pflüger, Preyer ne peut se résoudre à admettre l'hypothèse de la génération spontanée, et il en donne les motifs : « Si l'on suppose, dit-il, qu'à une époque quelconque du développement de la terre la matière vivante est sortie un jour de la matière brute, il devrait en résulter nécessairement que ce fait fût encore possible aujourd'hui. Or, l'insuccès des innombrables tentatives dirigées dans ce sens rend cette hypothèse invraisemblable au plus haut degré. Mais si la doctrine de la génération spontanée admet que cette génération n'a été possible qu'à un certain moment, dans un passé extrêmement loin-

tain, et qu'elle n'a plus lieu actuellement, l'invraisemblance est tout aussi grande, car les conditions qui sont indispensables pour l'entretien de la vie, et qui sont réalisées actuellement, devaient être aussi nécessairement les mêmes lors de l'apparition supposée de la matière vivante aux dépens des corps inorganiques; autrement, le produit de cette génération n'aurait pu demeurer en vie. On ne conçoit donc pas très bien ce qui pourrait faire défaut à notre époque, pour mettre obstacle à cette génération. »

Preyer n'accepte pas davantage la théorie des Cosmozoaires, qui ne résout pas la question de l'origine de la vie, mais ne fait que l'ajourner et la transposer de notre planète à d'autres mondes, et qui laisse le problème absolument intact.

Partant de ce fait acquis et confirmé par l'expérience inductive que tous les organismes descendent toujours d'autres organismes qui leur sont semblables et que jamais, jusqu'à présent, l'observation n'a démontré la possibilité de la naissance d'un organisme sans parents, Preyer se demande si le discrédit de l'hypothèse de la génération spontanée ne provient pas plutôt de ce que la question a été mal posée. La génération spontanée, telle que la comprennent les biologistes de l'école de Pouchet ou de Bastian, admet que la substance vivante est née un jour de la matière brute. Mais pour Preyer la question devrait se poser ainsi: Ne serait-c pas plutôt la matière brute qui tirerait son origine de la matière vivante? Tous les jours nous assistons à la naissance d'organismes issus d'organismes vivants; mais en ce qui concerne le matière inorganique, nous la voyons continuellement dériver d'une double source: ou bien elle provient de la matière inanimée, ou bien elle tire son origine d'organismes vivants dont elle se sépare sous forme de substance morte, et dont elle représente les déchets.

Comme on vient de le voir, Preyer opposa à la doctrine de la génération spontanée la théorie de la préexistence de la matière vivante. D'après lui, la matière vivante serait la substance primordiale de laquelle la matière brute ne serait issue que secondairement, ajoutant même, pour compléter son système, que jamais, dans cette descendance, il n'y a eu d'interruption. Voici, en effet, ce qu'il écrit à cet égard: « Interrompre la série des générations d'organismes dérivant les uns des autres, en y plaçant une génération sans parents antérieurs, et nier, par conséquent, la continuité de la vie, c'est se rendre coupable d'arbitraire. » Pour lui, le seul axiome à retenir est le suivant: *Omne vivum e vivo.*

La conception de Preyer ne manque pas de suggérer de curieuses remarques. Admettons, en effet, que la vie sur terre ne doive pas son origine à la matière brute, mais descende toujours de substances vivantes, elle devait alors déjà exister lorsque la terre était encore un corps incandescent, et, effectivement, Preyer en tire cette conclusion. De là la nécessité de donner à la notion de vie une signification beaucoup plus large que celle qu'on y attache habituellement, et considérer comme vivantes, non seulement la matière vivante actuelle, mais bien encore les masses en fusion, telles qu'elles existaient seules à cette époque ou il ne pouvait être encore question d'organisme protoplasmique. Preyer ne recule pas devant ces conséquences, et il s'exprime ainsi: « Si l'on se dégage de l'idée absolument arbitraire et factice, et que rien ne rend vraisemblable, que seul le protoplasma, dans sa constitution actuelle, serait capable de vivre, et si l'on se débarrasse du vieux préjugé entretenu seulement pour la commodité du raisonnement, qu'il n'aurait existé tout d'abord que la matière inorganique, il ne répugnera pas, dès lors, de faire un grand pas de plus, d'abandonner l'ancienne génération spontanée et de reconnaître l'éternité du mouvement vital. *Omne vivum e vivo.* »

A la faveur de ces considérations, Preyer fait de la descendance de la vie sur la terre une sorte d'esquisse que l'on peut résumer de la façon suivante. — A l'origine, toute la masse incandescente du globe terrestre représentait un organisme unique, de proportions gigantesques. Le puissant mouvement dans lequel se trouvait sa substance constituait sa vie, mais lorsque le globe commença à se refroidir, les substances qui ne pouvaient plus exister à l'état fluide à cette température moins élevée se séparèrent en masses solides comme les métaux lourds, et ne prenant plus part au mouvement vital de l'ensemble, elles représentèrent la matière morte, la substance inorganique. Ainsi se formèrent les premières masses inorganiques. Ce processus continua. D'abord, ce furent encore des masses ignées en fusion qui représentèrent la vie du globe terrestre vis-à-vis de la masse inorganique,

et c'est seulement quand ces composés se solidifièrent à la surface de la terre, c'est-à-dire moururent et s'éteignirent, qu'apparurent des combinaisons d'éléments jusque-là demeurés à l'état gazeux ou liquide, combinaisons qui devinrent de plus en plus semblables au protoplasma, base de la matière vivante actuelle. Avec l'abaissement continuel de la température et la diminution des dissociations, apparurent des combinaisons, des substitutions chimiques de plus en plus complexes, ainsi que des corps de plus en plus denses. Les éléments matériels se tassèrent, et leurs mouvements devinrent de plus en plus compliqués et intimement associés. C'est de cette façon seulement que purent se former par différenciation progressive et se maintenir les formes initiales encore semblables entre elles du règne animal et du règne végétal.

Voici, du reste, les explications de Preyer à ce sujet : « Nous ne soutenons pas que le protoplasma existât sous sa composition actuelle dès le début de la formation de la terre. Nous ne disons pas non plus qu'ayant existé de toute éternité, il avait pu émigrer comme tel de quelque région de l'espace cosmique sur la terre refroidie, encore moins qu'il s'était constitué de débris inorganiques et sans vie, comme le veut la croyance à la génération spontanée. Nous soutenons, au contraire, que la vie n'est autre chose que le mouvement éternel dont l'univers est le théâtre, et que le protoplasma devait nécessairement en résulter. Sa formation remonte à l'époque où l'activité vitale intense de la planète incandescente se fut ralentie et eut permis aux corps désignés actuellement sous le nom d'inorganiques de se séparer sur sa surface refroidie, sans qu'ils pussent, par suite de la diminution progressive de température de l'écorce, pénétrer de nouveau dans les liquides brûlants dont la masse diminuait peu à peu. Les métaux lourds, autrefois aussi éléments organiques, demeurèrent solides et ne rentrèrent plus dans la circulation d'où ils étaient sortis. »

Voulant ensuite traduire sa pensée sous une forme moins concise, et, par le fait même plus accessible à l'intelligence du lecteur, Preyer se sert d'une image un peu hardie, il est vrai, mais assurément fort expressive, et il compare ces lourdes masses aujourd'hui sans vie aux signes de la rigidité cadavérique qui a atteint cet antique et gigantesque organisme incandescent, dont le souffle était peut-être une vapeur de feu brillante, le sang, du métal en fusion, et qui, peut-être, se nourissait de météorites.

VIII. — La théorie de Pflüger.

En s'inspirant de données exclusivement scientifiques et, en ne s'appuyant que sur des faits d'ordre physiologique ou chimique, Pflüger a essayé d'approfondir la question de l'origine de la vie sur la terre, et il croit pouvoir en conclure que la vie a dû apparaître spontanément et qu'elle est issue de la matière brute.

Les recherches de Pflüger ont pour base les propriétés de l'albumine, substance à laquelle est indissolublement liée l'existence de toute matière vivante. Il est tout d'abord nécessaire d'établir qu'il existe une différence fondamentale entre l'albumine morte telle que nous la trouvons dans le blanc d'œuf et l'albumine vivante telle que nous pouvons l'observer dans la matière vivante, et cette différence consiste dans la propriété que possède cette dernière, de se décomposer spontanément. Toute matière vivante se décompose d'une manière continuelle, spontanément dans une certaine mesure et avec une plus grande intensité sous les influences extérieures, tandis que l'albumine morte demeure sans modifications pendant un temps illimité, pourvu toutefois qu'elle soit placée dans des conditions favorables. Or, ce qui cause l'instabilité spéciale de l'albumine vivante, c'est avant tout l'oxygène intramoléculaire, c'est-à-dire l'oxygène qui se trouve dans la molécule même de cette albumine, et qui lui est apporté continuellement du dehors par la respiration. Que l'oxygène soit la cause essentielle de cette instabilité, c'est ce qui résulte de ce fait que l'acide carbonique se forme continuellement de la désintégration de l'albumine et qu'il ne provient pas de quelque oxydation directe du carbone. Tout au contraire, il s'agit ici d'une dissociation, c'est-à-dire d'une transposition interne des atomes et de la constitution de nouveaux groupes atomiques. L'oxygène doit déjà se trouver préalablement en combinaison dans la molécule vivante, de sorte que dans la destruction de cette dernière il ne subit qu'une transposition. On ne comprendrait pas sans cela que des animaux, ainsi que Pflüger l'a montré pour la grenouille, pussent continuer à vivre plus d'un jour sans oxy-

gène, dans une atmosphère exclusivement azotée, en continuant cependant à rejeter de l'acide carbonique.

Pflüger se demande ensuite si l'intercalation d'oxygène peut amener une molécule stable à passer à un état instable. Il ne saurait y avoir de doute à ce sujet, si on veut bien réfléchir à ce fait qu'il n'y a pas dans toute la chimie organique, ainsi que l'a montré Kékulé, une seule molécule contenant assez d'oxygène pour pouvoir oxyder complètement tous ses atomes d'hydrogène et de carbone, et les tranformer en eau et en acide carbonique.

Les molécules sont pour ce motif plus ou moins stables, et n'ont aucune tendance à la dissociation, tant que quelque autre cause chimique ne provoque pas une certaine instabilité. Mais si une quantité suffisante d'oxygène est intercalée dans la molécule, de manière que l'oxydation des atomes de carbone et d'hydrogène en acide carbonique et en eau devienne possible par transposition intramoléculaire, alors l'instabilité doit être, par le fait, grandement augmentée, car l'affinité du carbone et de l'hydrogène pour l'oxygène est très grande. La conclusion qui paraît s'en dégager est que la grande tendance de la matière vivante à la décomposition réside essentiellement dans la quantité d'oxygène intramoléculaire.

Pflüger estime ensuite qu'il est de la plus haute importance d'établir une comparaison entre les produits de destruction de l'albumine vivante et ceux que l'on obtient par l'oxydation artificielle de l'albumine morte. Il s'en dégage d'abord ce fait que les produits de destruction non azotés de l'albumine morte concordent en général avec ceux de l'albumine vivante, mais que, par contre, la plupart des produits azotés n'offrent aucune ressemblance, même éloignée, avec ceux qui se forment dans le corps vivant. Il doit en résulter que l'albumine vivante ne doit pas être essentiellement différente de l'albumine morte en ce qui concerne ses groupes atomiques non azotés, mais qu'elle doit présenter une différence absolument fondamentale pour la constitution de ses radicaux azotés.

D'autres faits ont retenu l'attention de Pflüger. C'est ainsi qu'il a observé que les produits azotés de la destruction de l'albumine vivante, comme l'acide urique, la créatine, et, en outre, les bases nucléiniques, guanine xanthine, hypoxanthine et adénine, renferment tous comme radical le cyanogène. Par ailleurs, le plus important de tous ces produits azotés, l'urée, peut être préparé artificiellement en partant de composés cyanés, par transposition des atomes. Il n'hésite pas à en conclure que, très vraisemblablement, l'albumine vivante renferme le radical cyanogène et se différencie par là d'une manière fondamentale de l'albumine morte ou de l'albumine alimentaire. Mais alors, le passage de l'une à l'autre sera facile à saisir, et il pourra écrire: « Dans la formation de la substance cellulaire, c'est-à-dire de l'albumine vivante aux dépens de l'albumine alimentaire, il se produit une modification de celle-ci, consistant dans la réunion des atomes d'azote avec les atomes de carbone en un composé cyané et s'accompagnant vraisemblablement d'une notable absorption de chaleur. » Qu'il se produise une importante absorption de chaleur dans la formation du cyanogène, cela résulte du fait que ce corps, ainsi que l'ont montré les recherches calorimétriques, représente un radical renfermant une grande quantité d'énergie intérieure.

Par l'intercalation du cyanogène dans la molécule protoplasmique se trouve donc « introduite dans la matière vivante la condition d'un énergique mouvement interne ». C'est ainsi que peut s'expliquer la grande instabilité de l'albumine vivante en présence de l'oxygène; car, par suite du fort mouvement vibratoire des atomes du cyanogène, l'atome de carbone se trouvant au voisinage de deux atomes d'oxygène, sortira de la sphère d'action de l'atome d'azote, pour se rapprocher de la sphère d'action de l'atome d'oxygène, et se dégagera, combiné avec celui-ci, pour donner naissance à de l'acide carbonique. Ainsi, la cause de la formation de l'acide carbonique, c'est-à-dire de la destruction de la matière vivante, se trouve dans le cyanogène, et la condition en est dans l'intercalation intramoléculaire de l'oxygène.

L'idée que c'est surtout le cyanogène qui donne ses propriétés caractéristiques à la matière vivante est puissamment corroborée par les nombreuses analogies qui existent entre l'albumine vivante et les composés cyanés. Il y a surtout un produit d'oxydation du cyanogène, l'acide cyanique, qui présente, avec l'albumine vivante, la plus grande analogie. Pflüger en fut très frappé, mais son attention fut tout spécialement attirée sur les

points de comparaison que voici. Les deux corps croissent par polymérisation, c'est-à-dire par une réunion en chaîne d'un grand nombre de groupes atomiques de même sorte. C'est ainsi que se fait l'accroissement de la matière vivante, et c'est aussi de cette sorte que prend naissance, aux dépens de l'acide cyanique, son polymère, le cyamélide. En outre, les deux corps se décomposent spontanément en présence de l'eau en acide carbonique et ammoniaque. Tous deux fournissent par dissociation, c'est-à-dire par transposition intramoléculaire, et non par oxydation directe, de l'urée. Tous deux, enfin, sont liquides et transparents à une basse température, et se coagulent à une température plus élevée, l'acide cyanique plus tôt, l'albumine plus tardivement. Ces rapprochements ont tellement frappé l'esprit de Pflüger, qu'à un moment donné il laisse échapper cette phrase : « Je considère volontiers l'acide cyanique comme une molécule à demi-vivante. »

De l'ensemble de ces remarques découlent pour le biologiste allemand les considérations les plus importantes au sujet de l'origine de la vie.

« Lorsqu'on songe aux débuts de la vie organique, dit-il, ce n'est pas l'acide carbonique et l'ammoniaque qu'il faut considérer comme substances primordiales; car tous deux sont les matériaux ultimes et non initiaux de la vie. Le point initial se trouve plutôt dans le cyanogène. »

Ainsi envisagé, le problème de l'origine de la matière vivante se réduit donc à la question suivante :

Comment se forme le cyanogène? Or, la chimie organique nous montre ce fait d'une extrême importance, que le cyanogène et ses combinaisons, comme les cyanures de potassium, d'ammonium, d'hydrogène, l'acide cyanhydrique, etc., ne prennent naissance qu'à une température très élevée, par exemple lorsqu'on fait passer les combinaisons azotées nécessaires sur des charbons ardents ou si l'on chauffe le mélange au rouge blanc. A la suite des observations précédentes, Pflüger retire cette conclusion : « Rien n'est donc plus clair que la possibilité de la formation de combinaisons cyanées lorsque la terre était encore totalement ou partiellement en état d'incandescence. »

A cela s'ajoute, ainsi que le montre la chimie, que d'autres constituants essentiels de l'albumine, comme par exemple les substances hydrocarbonées, les radicaux alcools, etc., etc., peuvent se former de même synthétiquement à de hautes températures.

On voit alors, déclare Pflüger, de quelle façon extraordinaire et vraiment merveilleuse tous les faits de la chimie s'accordent pour nous montrer dans le feu, la force qui a engendré par synthèse les matériaux constitutifs de l'albumine. La vie dériverait donc du feu, et se serait ébauchée à une époque où la terre était encore un corps incandescent.

Si l'on considère ensuite la période de temps considérable pendant laquelle s'accomplit avec une lenteur infinie le refroidissement de l'écorce terrestre, on comprendra que le cyanogène et ses composés, qui contenaient les matériaux cyanés et hydrocarbonés, aient eu tout le temps et l'occasion de satisfaire de la manière la plus étendue leur tendance à la transposition des molécules et à la production de polymères, et de se transformer, avec le concours de l'oxygène, et plus tard de l'eau et des sels, en cette albumine spontanément décomposable qu'est la matière vivante.

Pflüger résume ainsi sa conception :

« La première albumine qui se forma fut aussitôt la matière vivante, douée de la propriété d'attirer dans tous ses radicaux, avec une grande force et une certaine prédilection, des éléments de même nature pour les incorporer chimiquement à sa molécule, et croître ainsi à l'infini. »

D'après cette conception, il n'est donc nullement nécessaire pour l'albumine vivante de posséder un poids moléculaire constant, car elle représente une énorme molécule engagée dans un mouvement de formation et de destruction continuelles, et qu'elle se comporte vraisemblablement vis-à-vis des molécules chimiques ordinaires comme le soleil à l'égard d'un petit météore.

» Dans la plante, l'albumine vivante continue à faire ce qu'elle a toujours fait depuis sa première formation, c'est-à-dire à se régénérer et à s'accroître d'une façon continue, et, pour ce motif, à mon sens, c'est d'elle que descend en ligne directe toute l'albumine actuellement présente dans l'univers. Aussi, je doute que la génération spontanée existe à notre époque ; de plus, la biologie comparée indique d'une manière évidente qu'il n'y a eu, à l'origine, qu'une seule racine pour la matière vivante. »

CHAPITRE III

Les différentes théories relatives à l'origine de la cellule.

I. — Considérations générales.

Pour peu qu'un esprit indépendant veuille réfléchir au problème si complexe de la vie, il ne tardera pas à s'apercevoir que la première question qu'il y a lieu de se poser, et qui seule peut en éclairer la marche, est la question de son origine. Nous sentons la vie en nous, et à tous les instants de notre journée nous sommes les témoins, parfois distraits, d'actes raisonnés ou inconscients qui révèlent à chacun l'existence simultanée d'une vie intellectuelle et d'une vie végétative. Nos organes des sens nous permettent également de constater qu'autour de nous le phénomène de la vie continue à se produire avec parfois la plus haute intensité. Mais la constatation de ce fait, suffisante assurément pour la très grande majorité des observateurs, ne saurait satisfaire pleinement le biologiste ou le philosophe habitués à remonter de l'effet à la cause, des résultats à l'origine, et à se demander le pourquoi des phénomènes dont ils viennent d'être les artisans ou les témoins.

Relativement à l'origine de la vie, nous pouvons nous poser une triple question :

1° Y a-t-il eu un commencement pour la vie ?

2° A-t-elle apparu spontanément ?

3° A-t-elle été l'objet d'une création ?

Il serait difficile, en effet, de concevoir une autre hypothèse. Toutefois, quel que soit le nombre des théories qui aient pu être inventées pour expliquer comment ont apparu les premières manifestations vitales sur le globe terrestre, la question semble devoir être entièrement circonscrite aujourd'hui sur le terrain de la génération spontanée et de la création, car l'hypothèse d'une vie n'ayant jamais eu de commencement, vulgarisée par Preyer, ne résiste pas à un examen même superficiel. Elle n'a eu, du reste, que peu de partisans, et n'en compte plus guère aujourd'hui.

Quant à la doctrine de la génération spontanée, si longtemps acceptée comme un dogme par les philosophes et les naturalistes anciens et qui a soulevé de si ardentes polémiques, elle est aujourd'hui définitivement abandonnée, à la suite des immortels travaux de Pasteur où la rigueur scientifique et l'esprit de méthode paraissent ne point laisser prise à la moindre objection. Elle avait cependant le très grand avantage de fournir à l'hypothèse évolutioniste l'un de ses meilleurs arguments tout en lui permettant de ne pas recourir à un acte surnaturel pour expliquer l'apparition de la vie dans la plus humble des cellules. Aussi, rien d'étonnant qu'elle ait essayé un retour offensif avec les travaux de certains naturalistes, qui paraissent avoir été plutôt guidés par des mobiles d'ordre philosophique que par la préoccupation de faire œuvre de science et de loyauté.

Parmi ces derniers, une place à part doit être faite au Dr H. Charlton Bastian, de Londres, dont le récent ouvrage sur « l'évolution de la vie » vient d'être présenté au public français par H. de Varigny. Bien que l'historique de la doctrine de la génération spontanée ait été exposé avec un certain détail dans un paragraphe précédent, il nous a paru intéressant de rapporter ici la discussion entre Bastian et Pasteur, d'après une leçon du professeur A. Briot.

Pasteur venait de sortir victorieux du tournoi engagé entre lui et le directeur du Museum de Rouen, le professeur Pouchet. Il pouvait croire sa victoire définitive et espérer que la doctrine des germes régnerait désormais en maîtresse dans la science, quand Bastian rouvrit les hostilités. Il avait commencé ses premières recherches en 1869, et la discussion se prolongea avec Pasteur jusqu'en 1877, époque à laquelle elle fut close par la nomination d'une Commission de l'Académie des sciences, qui, par suite de l'attitude de Bastian, se sépara avant de fonctionner.

Le silence de Bastian pendant une longue période de près de trente années pouvait laisser supposer qu'il s'était rendu aux arguments de Pasteur. Il n'en était rien, et voici ce qu'il dit dans la préface de son nouvel ouvrage : « Le fait de ce silence de vingt ans sur ces deux sujets (l'archébiose et l'hétérogenèse) a pu donner à beaucoup l'idée que je me sentais battu et que j'avais abandonné ma cause. Pendant ce temps, les bactériologistes avaient fait un peu partout les découvertes les plus extraordinaires. Il en résulta un avancement dans les sciences de la plus haute importance au point de vue médical, et qui parut à beaucoup compatible seulement avec les idées opposées aux miennes. En réalité, mes idées et les travaux bactériologiques

modernes ne sont nullement inconciliables. »

Ainsi donc, Bastian serait resté sur ses positions. Il s'y est même cantonné, et, d'une certaine façon, ancré par des idées à priori, que l'on retrouve exprimées presque à chaque page de son livre. « Les hommes de science ne doutent plus qu'une genèse naturelle de matière vivante se soit produite autrefois quand la surface de la terre fut devenue suffisamment refroidie. Un tel processus ne peut être considéré que comme une continuation et une conséquence du processus d'évolution qui avait conduit à la genèse des divers éléments chimiques et des combinaisons de ceux-ci par lesquelles les oxydes, les acides et d'autres composés sont produits. »

Sans vouloir aborder pour l'instant le problème de l'évolution chimique des éléments, contentons-nous de dire que cette notion de l'évolution chimique reste encore dans le domaine de l'hypothèse toute pure, et si ses partisans ont pu pousser un cri de triomphe à la nouvelle étonnante annoncée par Ramsay, de la transformation du lithium en cuivre sous l'influence du radium, ils ont dû être bien désillusionnés lorsque Mme Curie est venue déclarer qu'elle n'a pu reproduire les résultats de Ramsay, en partant de produits et de vases soigneusement débarrassés tout d'abord de lithium.

A chaque pas, dans l'exposé de ces résultats d'expérience, Bastian fait intervenir la génération spontanée comme le *Deus ex machinâ* qui fait apparaître la vie, la fermentation, au lieu de s'appliquer à rechercher l'explication naturelle de la persistance de germes non détruits dans les conditions où il s'est placé.

Bastian consacre une grande partie de l'ouvrage à rappeler les expériences qu'il opposait à Pasteur et à Tyndall. Pasteur avait montré que de l'urine bouillie, conservée dans un ballon en présence d'air calciné, restait stérile. Bastian lui oppose un fait d'expérience, c'est que de l'urine bouillie dans laquelle on introduit de la potasse en quantité suffisante pour la neutraliser ou la rendre un peu alcaline se peuple de germes très rapidement, et d'autant mieux qu'on la maintient à une température assez élevée et se rapprochant de 50°. Comment expliquer ce fait? Si l'urine restait stérile entre les mains de Pasteur, c'est qu'il ne réunissait pas les conditions physiques et chimiques de la génération spontanée, tandis que lui, Bastian, les réalise par l'introduction de la potasse.

Le fait est exact; mais que vaut l'explication? Pasteur riposte de suite que, si Bastian observe une fermentation, c'est qu'il y avait des germes, et de trois choses l'une : ou bien ils subsistaient encore dans l'urine bouillante, ou bien ils se trouvaient sur les parois du vase dans un état de demi-dessiccation qui les rend résistants à la température d'ébullition; ou bien ils ont été introduits avec la potasse.

Et ces trois sources possibles de germes, Pasteur les supprimait en chauffant au préalable la solution de potasse, en surchauffant l'urine à 110°, et en utilisant des vases flambés au four. Pasteur avait donc déjà la notion de la spore, qui devait s'étendre et se préciser dans la suite, et apporter l'explication d'un grand nombre de contradictions rencontrées dans l'étude expérimentale de la génération spontanée.

Chamberland surtout s'attacha à cette étude, et mit en évidence la nécessité de surchauffer les liquides pour les stériliser. Il introduisit ainsi l'autoclave dans la pratique du laboratoire de bactériologie, et dans toutes les pages où Bastian se débat aujourd'hui contre les expériences de Pasteur faites en chauffant l'urine à 105° seulement, il n'apporte pas le moindre fait nouveau, puisque des expériences solidement établies ont nettement démontré la très grande résistance de certains germes comme le *Bacillus subtilis* des infusions de foin, à la chaleur. Par ailleurs, Christen, opérant sur des bactéries thermophiles, a établi qu'il faut plus de seize heures d'ébullition pour les détruire, et il est encore nécessaire de maintenir les infusions à 130° pendant plus de cinq minutes pour les stériliser sûrement. Bastian les cite, et l'on est surpris de le voir invoquer comme fait de génération spontanée des expériences où il se contente de chauffer ses liquides organiques à 110° pendant cinq à vingt minutes.

Chamberland montrait aussi que, dans les liquides acides chauffés à 100°, des germes restent vivants, mais inertes. Il suffit alors de changer la réaction du milieu pour leur donner libre jeu et voir la germination s'effectuer. C'est ce rôle que remplissait la potasse dans l'expérience de Bastian sur l'urine. Et depuis que la pratique des cultures s'est développée dans les laboratoires, combien n'a-t-on pas

trouvé d'espèces dont la sensibilité à certains éléments chimiques est extrême et dépasse la sensibilité de tous les réactifs? Il est à peine utile de rappeler ici les expériences célèbres faites par Raulin sur certaines moisissures. Et l'objection que Bastian fait à Pasteur que si, dans son double tube, il n'obtient pas de culture dans l'urine neutralisée, c'est qu'il ajoute trop de potasse, peut parfaitement être fondée et s'expliquer tout naturellement par les exigences des germes qui ne peuvent se développer que dans un milieu rigoureusement neutre ou à peine alcalin, sans y voir pour cela une génération spontanée.

En réalité, pour tous ceux qui ne voient dans la vie cellulaire qu'un phénomène purement chimique, dont la manifestation se produit à l'égal de l'une de ces réactions vulgaires telles qu'on peut en obtenir au laboratoire, l'hypothèse de la génération spontanée doit être fatalement admise, et si on leur demandait d'expliquer leur conception, ils tiendraient ce langage. — Grâce à des affinités que nous ignorons, mais que nous essayons de surprendre et de réaliser, certains éléments chimiques s'attirent et se groupent entre eux. Une fois mis en présence, une réaction se produit comme se produit, dans certaines conditions, la réaction de l'hydrogène et de l'oxygène, grâce à l'étincelle électrique, et le résultat n'est autre chose que ce composé chimique qu'on appelle la vie, d'abord réalisée par une masse protoplasmique à laquelle s'ajoutera plus tard un noyau, grâce encore à une nouvelle réaction chimique, et le tout constituera la cellule vivante, base de tout organisme.

Mais qui ne voit qu'une telle conception repose sur de biens fragiles hypothèses? On ne saurait, certes, nier le fait de certaines affinités et de certaines réactions chimiques dont les lois sont parfaitement connues, et que le savant peut réaliser tous les jours au laboratoire; mais, pour expliquer l'apparition de la plus infime des cellules, les hétérogénistes sont obligés de faire appel à une triple hypothèse :

1° La présence en un lieu donné des éléments constitutifs de la cellule dont l'analyse nous a révélé le nombre et la complexité;

2° La supposition qu'il s'établit entre eux, grâce à des lois mystérieuses, des courants d'affinités qui en provoqueront la synthèse d'où résultera le protoplasma;

3° La supposition que dans ce protoplasma auront lieu de nouvelles réactions chimiques qui seront assez heureuses pour faire apparaître un élément nouveau différent du protoplasma et qui sera le noyau.

On avouera sans peine qu'il y a trop d'hypothèses à la base du système hétérogéniste, et on comprendra aisément que nous retenions notre adhésion jusqu'à ce que l'expérimentation nous en ait montré la justesse.

II. — Les émulsions de Butschli.

Les hétérogénistes, avec tout leur système de suppositions, se sont surtout proposé de nous faire comprendre comment la vie avait pu apparaître sur la terre. Mais leurs hypothèses, inspirées surtout par le souci de supprimer toute action créatrice, n'étaient, en somme, que de simples conceptions de l'esprit, et, sauf peut-être Pouchet et Bastian, ils n'ont jamais essayé de réaliser le phénomène de la vie en rapprochant les éléments qui, d'après eux, devaient cependant la constituer.

Tout autre a été le mode de procéder de Bütschli. Partant de cette idée que le protoplasma seul est la base de la vie, il fait porter ses efforts sur la constitution de cette substance, et toutes ses recherches sont dirigées vers ce double but : connaître la nature du protoplasma et en réaliser la production; en d'autres termes, en faire l'analyse et ensuite la synthèse.

Une telle étude devait être forcément très longue, et Bütschli y consacra de nombreuses années. Le fait qui retint tout particulièrement son attention fut la motilité du protoplasma. Non seulement à l'intérieur des cellules on aperçoit de fins mouvements protoplasmiques surtout décelables dans la cellule végétale, grâce aux déplacements des grains de chlorophylle, mais même à la périphérie, il observe de véritables poussées, formant comme des sortes de petits bourgeons faisant hernie vers l'extérieur. Ces faits sont d'autant plus faciles à saisir, qu'on observe une cellule plus isolée et plus dépourvue de membrane limitante.

Déjà les biologistes anciens avaient déclaré que la vie était le mouvement. Or, n'était-on pas là en présence de l'un des phénomènes les plus importants de la manifestation vitale? Reproduire ce phénomène, telle fut la pensée de Bütschli. Sans vouloir passer en revue l'ensemble de ses recherches, il suffira de rap-

porter qu'au cours de ses études il fut amené à faire des mélanges d'eau avec de l'huile. Il produisit ainsi des émulsions dont l'examen microscopique lui présenta un très grand intérêt.

Il se fait, en effet, des savons entourés d'une mince couche d'huile, et sous la lamelle recouvrante, ces gouttelettes prennent des formes et dessinent des figures très curieuses. On y observe en particulier des mouvements d'écoulement et des changements de forme qui rappellent à s'y méprendre les phénomènes de motilité chez les Amibes.

Rien n'est plus simple que de reproduire l'expérience de Bütschli. Mettons dans un flacon un mélange en parties égales d'eau et d'huile. Ces deux liquides ne mélangeront pas leurs molécules, et, en vertu de leur densité différente, resteront nettement séparés, la couche d'huile se superposant au volume d'eau. Mais si nous agitons le flacon pendant quelques instants, l'huile et l'eau se mélangeront intimement, et nous ferons ainsi une émulsion. Celle-ci, toutefois, sera instable; car dès que nous abandonnerons le flacon et le laisserons au repos, nous verrons les deux liquides se séparer et reprendre peu à peu leurs positions primitives. Or, si à ce moment nous prélevons quelques gouttes du mélange et que nous les examinions au microscope, nous verrons se produire sous nos yeux ce mouvement de séparation.

Tous ces phénomènes ne présentent qu'une illusion grossière de la vie, et l'explication en est facile. Ils dépendent, en effet, des lois mécaniques et physiques relatives aux densités et aux tensions des surfaces. Du reste, la prétendue découverte de Bütschli n'a jamais été prise au sérieux, et nous ne surprendrons personne en déclarant que l'éminent professeur d'Iéna a d'autres titres à notre admiration que sa singulière reconstitution du protoplasma.

III. — La cytogénèse minérale de Raphael Dubois.

Le problème de l'apparition de la vie a eu toujours le don de passionner les esprits; aussi accueillit-on avec la plus vive curiosité les communications de Raphaël Dubois à la Société de Biologie dans le cours de l'année 1904.

Souvent, dans les sciences d'observation, les conclusions diffèrent totalement des prévisions qu'on avait conçues ou des résultats que l'on espérait atteindre. Ce fut le cas de R. Dubois, dont nous résumerons les recherches d'après les comptes rendus de la Société de Biologie.

Ayant voulu expérimenter l'action du chlorure de baryum et de radium sur les microbes photogènes, il dépose une particule de ces corps à la surface d'un tube de gélatine-peptone à base de bouillon de poisson salé à 3 pour 100, et il remet à une date ultérieure l'ensemencement par les photobactéries. Le lendemain, en examinant ses tubes, il voit qu'il s'est produit une projection singulière de particules très petites dans l'épaisseur du bouillon gélatineux. Ce sont de courtes aiguilles cristallines orientées perpendiculairement les unes aux autres, dont il est facile, du reste, de suivre les trajectoires différentes, et Dubois déclare qu'elles forment une véritable gerbe ressemblant à une gerbe de feu d'artifice. Un certain nombre de sels alcalins et alcalino-terreux essayés par lui n'ont pas donné le même résultat, tandis que les bromures radio-actifs produisent exactement le même effet, et dans un espace de temps très court. Les bromures se comportent donc comme les chlorures, et c'est bien aux bases des corps essayés qu'il faut rapporter cette propriété singulière.

Des essais tentés avec des sels d'urane n'avaient rien donné d'analogue. Il est vrai que ceux-ci altéraient rapidement et profondément le bouillon au contact duquel ils se trouvaient.

L'ensemble de ces faits avait vivement attiré l'attention de R. Dubois. « Toutefois, dit-il, il ne faut peut-être pas attacher à ce bombardement cristallin plus d'importance qu'il n'en a eu lui-même; j'ai cru devoir le signaler en raison de son étrangeté, et aussi parce que les figures que l'on obtient dans ces bouillons gélatineux ont beaucoup d'analogie avec celles que j'ai observées dans les organes lumineux des insectes. »

Mais quelque temps après, R. Dubois se ravise, et les faits observés lui semblent avoir une importance plus haute. Il déclare alors que les granulations projetées en gerbe qu'il a remarquées dans les tubes de gélatine-peptone, où il avait introduit des particules de corps radio-actifs, ne sont pas de nature cristalline, ainsi qu'il l'avait cru tout d'abord

après simple examen à la loupe. Les examens microscopiques pratiqués ultérieurement lui ont montré qu'il s'agissait de projections de spores dans l'épaisseur du bouillon gélatineux. Ce fait n'a évidemment rien de commun avec la radio-activité d'ordre minéral, et R. Dubois propose alors de rapprocher la radio-activité minérale de la radio-activité biologique. S'appuyant ensuite sur des considérations de Von Schroen, qui avait proposé de donner le nom de génération spontanée à certains phénomènes de la vie des cristaux, il déclare qu'on peut, avec infiniment plus de raison, l'appliquer aux phénomènes dont il a donné la description. « Après avoir, dit-il, considéré comme des granulations cristallines, à la suite d'un simple examen à la loupe, les corpuscules qui sont projetés dans toutes les directions par une particule de chlorure ou de bromure de baryum déposé à la surface d'un bouillon de culture gélatineux pour photobactéries, j'ai été conduit à penser que j'étais en présence de spores. Ces corpuscules présentent, en effet, la plus grande ressemblance avec les spores, dont les unes seraient à l'état de repos et les autres en voie de division par segmentation. Le mécanisme de la division est absolument le même que dans les êtres vivants; il y a une membrane d'enveloppe et un contenu distinct colorable par l'éosine.

» Si l'on joint à cela que l'aspect de ces cultures minérales rappelle au plus haut point celui de certaines cultures pures de moisissures, on pourrait croire à un ensemencement accidentel. Mais la rapidité considérable (quelques minutes seulement) avec laquelle se fait la culture minérale de chlorure de baryum avait laissé des doutes dans mon esprit. Il n'y en a plus maintenant, car j'ai obtenu les mêmes résultats en déposant des parcelles de baryum et de chlorure de baryum et de radium préalablement portés au rouge dans un creuset de platine avec toutes les précautions que comportent les ensemencements auxquels je suis habitué de longue date. Enfin, aucune culture étrangère n'accompagnait ces spores minérales, dont je me propose de suivre attentivement le développement ou l'évolution, car il est évident qu'il ne s'agit ici que d'un stade provisoire de la substance minérale. »

Les expériences de R. Dubois, quelque intérêt qu'elles présentent, ne solutionnent nullement le problème de l'origine de la vie. Nous devons d'abord nous demander s'il n'y a pas là quelque erreur de technique; mais, admettons que toutes les précautions de la plus rigoureuse asepsie aient été prises, la conclusion qui s'impose est que l'on se trouve en présence de faits de l'ordre physique, mettant en évidence des propriétés nouvelles des corps radio-actifs. Les corpuscules observés ne sont que des cristaux, et les phénomènes qui ont retenu l'attention de R. Dubois ne sont que des phénomènes de cristallisation, tels qu'on peut en voir en mettant des sels abalino-terreux en contact avec des solutions d'albumine. C'est ainsi, du reste, que Harting a obtenu ses sphéro-cristaux, qui tout d'abord ont excité une vive curiosité, mais que personne ne songe à élever à la dignité d'êtres vivants, même très inférieurs. Le professeur Dastre a obtenu des résultats analogues dans ses recherches sur les corpuscules biréfringents.

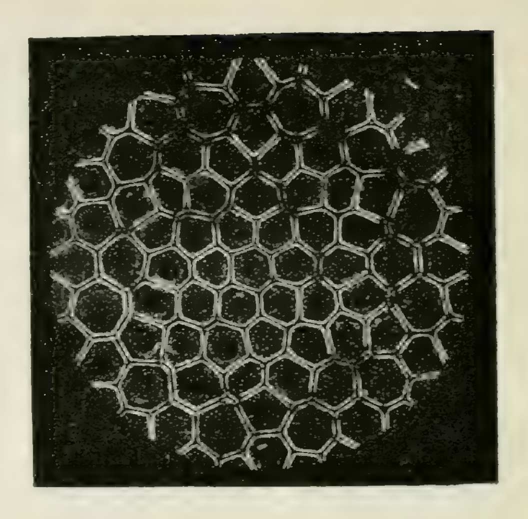
Quant à l'argument tiré d'une ressemblance plus ou moins vague entre ses corpuscules et la cellule élémentaire, il est sans portée, car jamais R. Dubois n'a réussi à mettre en évidence la moindre trace de noyau, et la colorabilité par l'éosine, également invoquée pour établir un rapprochement avec la cellule, ne saurait fournir un caractère suffisant, parce que les substances protoplasmiques vivantes ne sont pas les seules à présenter de l'affinité pour l'éosine.

IV. — La cellule artificielle de Stéphane Leduc.

Les belles découvertes qui, depuis quelques années, ont récompensé la science et le zèle des savants, permettent d'espérer que notre siècle, dont nous venons à peine de saluer l'aurore, nous réserve la solution de problèmes tout aussi passionnants que l'aviation ou la télégraphie sans fil. Déjà, dans le domaine médical, la lutte est courageusement entreprise contre le groupe des maladies réputées incurables, et qui sait si, dans un avenir prochain, la thérapeutique ne s'enrichira pas de quelque nouveau sérum destiné à enrayer le cancer ou la tuberculose. Mais notre enthousiasme ne connaîtrait plus de borne si, au lieu d'activer nos défenses organiques, nous pouvions réparer l'usure de nos cellules en leur inoculant le principe même qui les anime; si, en un mot, nous arrivions à créer la vie comme

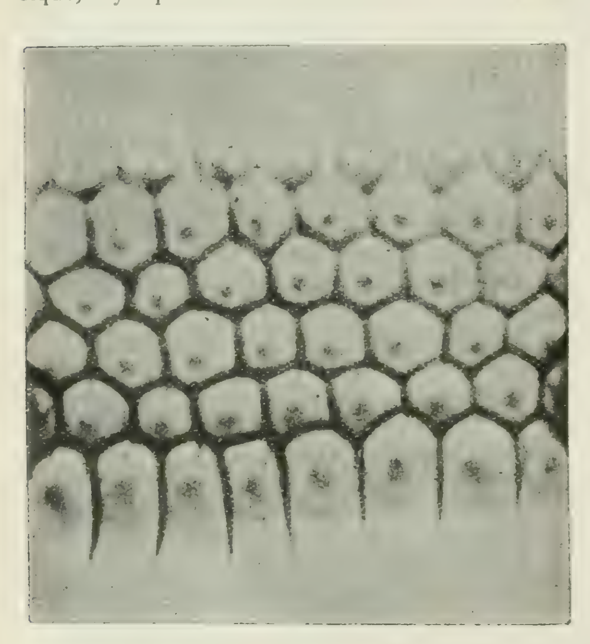
on fabrique des savons ou du sucre. C'est le problème poursuivi par Stéphane Leduc, professeur de physique à l'Ecole de médecine de Nantes, et il est aisé de concevoir le chaleureux accueil fait à la grave nouvelle qu'il avait enfin trouvé le secret de la vie, et qu'il pouvait, à volonté, fabriquer des êtres vivants. Chacun alors se prit à espérer, et puisqu'on avait enfin trouvé la solution du problème de la vie, il ne resterait plus que quelques efforts à faire pour reculer l'échéance fatale de la mort.

Mais S. Leduc a-t-il suffisamment réfléchi à la complexité du phénomène de la vie, et n'a-t-il pas pris quelque vague apparence pour la réalité ? Pour lui, en effet, la vie se présente comme la résultante de deux forces physiques : une active, la pression osmotique, qui met en mouvement les différentes molécules ; l'autre passive, la résistance des plasmas et des membranes à ces mouvements. Les inégalités des résistances à l'égard des différentes molécules, par suite desquelles celles-ci se séparent ou s'unissent, semblent être les causes des actions chimiques et électriques de la vie de nutrition, de l'assimilation et de la désassimilation. Toutefois, au-dessus de ces phénomènes d'ordre exclusivement physique, il y a pour l'homme des faits de sensibilité, d'intelligence et de volonté; or, S. Leduc espère-t-il en donner une explication satisfaisante par la pression osmotique et la résistance des plasmas ou des membranes ?



CELLULES ARTIFICIELLES FORMÉES PAR DES GOUTTES D'UNE SOLUTION DE FERROCYANURE DE POTASSIUM SEMÉES SUR UNE COUCHE DE GÉLATINE (S. LEDUC)

C'est le 24 juillet 1905 que les expériences de S. Leduc furent pour la première fois présentées à l'Académie des sciences par le professeur d'Arsonval, et ceux qui eurent la bonne fortune d'assister à cette séance purent remarquer que, si la note avait été accueillie par quelques savants avec un enthousiasme non dissimulé, la plupart, au contraire, plus prudents, restèrent sceptiques, réservant leur adhésion jusqu'au moment où ils pourraient contrôler ces expériences. Sans vouloir affaiblir par des commentaires la note de S. Leduc, nous essayerons d'abord de la résumer d'après les comptes rendus de l'Académie.



TISSU CELLULAIRE LIQUIDE FORMÉ PAR DES GOUTTES D'EAU SALÉE COLORÉE DANS L'EAU PURE (S. LEDUC)

Dans une solution étendue de sulfate de cuivre, on laisse tomber une goutte d'une solution de saccharose contenant des traces de ferrocyanure de cuivre, perméable à l'eau, imperméable au sucre. On a une cellule analogue à la cellule de Traube, mais en différant parce qu'elle a non seulement la faculté de se gonfler et de grossir, mais aussi d'émettre des prolongements analogues aux radicules

et aux tigelles, prolongements que l'on voit croître lentement. S. Leduc avait, dans cette expérience, cherché à réaliser les conditions physiques de la graine en germination, dans l'intérieur de laquelle règnent simultanément une grande pression osmotique et une forte cohésion. La solution sucrée concentrée donne dans l'intérieur de la goutte une grande pression osmotique et une forte cohésion, et le contact du ferrocyanure de potassium avec le sulfate de cuivre produit l'enveloppe semi-imperméable. Sous l'influence de la différence de pression osmotique entre la goutte et le liquide dans lequel elle est plongée, l'eau pénètre à travers la membrane d'enveloppe que le sucre ne peut traverser; la cellule grossit; puis, après quelques minutes, en un point de la surface jaillit un bourgeon qui s'entoure immédiatement d'une membrane de ferrocyanure de cuivre. Sur le sommet de ce bourgeon s'en produit un second, puis, sur celui-ci, un troisième et ainsi de suite. Chaque bourgeon représente une cellule, et l'on voit les cellules s'aligner lentement à la suite les unes des autres, pour figurer une tige creuse dont la longueur peut dépasser plus de dix fois le diamètre de la cellule qui lui a donné naissance. La cellule artificielle absorbe dans son milieu la substance nécessaire à sa croissance et à l'aide de laquelle elle produit une forme beaucoup plus volumineuse qu'elle-même.



CROISSANCE D'UNE CELLULE ARTIFICIELLE VINGT-QUATRE HEURES APRÈS L'ENSEMENCEMENT (S. LEDUC)

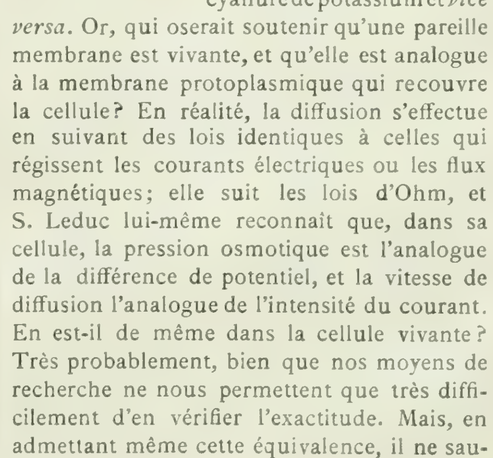
Il est facile de reconnaître que la croissance se fait sous forme de tige, parce que le bourgeon terminal a toujours la membrane la plus faible, la plus mince cédant la première sous l'accroissement de la pression osmotique.

Parfois, pendant les expériences, une gouttelette est projetée au loin par la goutte dont elle se détache complètement. On voit alors cette gouttelette grossir, bourgeonner, émettre des tiges qui croissent, et, finalement, reproduire une forme semblable à celle d'où elle est sortie.

S. Leduc voudrait bien nous présenter sa cellule artificielle comme une véritable cellule vivante, et il énumère complaisamment les attributs de l'être vivant qui sont, dit-il, applicables à sa cellule. Il se sent toutefois pris de scrupules et se contente de demander pour elle une place plus modeste entre les cristaux et les êtres vivants.

En réalité, il ne s'agit, dans les expériences de Leduc, que de phénomènes purement chimiques, régis par des lois à la fois physiques, chimiques et minéralogiques.

Lorsque deux liquides différents, miscibles, sont en contact, ils se propagent lentement l'un dans l'autre, de façon à former par leur mélange un liquide unique homogène, c'est le phénomène de la diffusion. Mais que cette diffusion s'effectue à travers des membranes perméables, on aura alors un phénomène d'osmose. Certes, les êtres vivants présentent des solutions séparées par des membranes organiques à travers lesquelles la diffusion s'effectue; mais on a aussi constitué des membranes artificielles à travers lesquelles se fait la diffusion : telle la membrane de ferrocyanure de cuivre, dont s'entoure une goutte d'une solution de sulfate de cuivre dans une solution de ferrocyanure de potassium et *vice versa*. Or, qui oserait soutenir qu'une pareille membrane est vivante, et qu'elle est analogue à la membrane protoplasmique qui recouvre la cellule? En réalité, la diffusion s'effectue en suivant des lois identiques à celles qui régissent les courants électriques ou les flux magnétiques; elle suit les lois d'Ohm, et S. Leduc lui-même reconnaît que, dans sa cellule, la pression osmotique est l'analogue de la différence de potentiel, et la vitesse de diffusion l'analogue de l'intensité du courant. En est-il de même dans la cellule vivante? Très probablement, bien que nos moyens de recherche ne nous permettent que très difficilement d'en vérifier l'exactitude. Mais, en admettant même cette équivalence, il ne sau-



rait venir à l'idée de personne que ces phénomènes osmotiques qui sont sous la dépendance des lois qui régissent la matière constituent le phénomène de la vie. Ils agissent aveuglément, fatalement, étant soumis dans leurs phases aux lois physiques, tout comme la pierre qui tombe est soumise à la loi du temps et des espaces.

Du reste, le mérite de ces expériences ne revient pas à S. Leduc. Déjà, en 1866, Traube, de Breslau, avait obtenu une pseudo-cellule en mettant une goutte d'une solution de ferrocyanure de potassium dans une solution de sulfate de cuivre. La goutte immergée s'entoure d'une membrane de ferrocyanure de cuivre à travers laquelle elle absorbe, dans le liquide dans lequel elle est plongée, la substance à l'aide de laquelle elle se gonfle. D'autres auteurs, parmi lesquels le professeur Quinke, de Heidelberg; le Dr Herrera, de Mexico, ont également observé des formes cellulaires données par différents cristaux projetés dans des silicates alcalins, et, il y a quelques années, le professeur Gariel lui-même n'a-t-il pas obtenu des phénomènes d'arborescence comme on en voit l'hiver par l'action du givre sur les carreaux de nos fenêtres, en projetant des cristaux de ferrocyanure de potassium dans des solutions de sulfate de cuivre ?

Mais ce sont surtout les travaux de Traube qui ont inspiré les expériences de S. Leduc, et dans la séance de l'Académie des sciences du 14 janvier 1907, le professeur G. Bonnier n'a pas manqué de lui signaler qu'il n'avait en somme que répété les expériences de Traube. Dans ce cas, il eût été plus correct de le mentionner et de ne pas se contenter d'y faire une simple allusion. Voici, en effet, d'après le professeur Bonnier, quelques phrases prises dans les travaux de Traube : « A propos de l'action des sels de cuivre sur une dissolution de ferrocyanure de potassium, Traube, après avoir décrit deux modes de précipités arborescents, dit : En outre, on observe des combinaisons des deux types précédents qui présentent parfois l'aspect d'une sorte de rhizome, duquel partent vers le haut de longues excroissances en forme de tiges, et, vers le bas, des prolongements en forme de racines. »

Et ailleurs :

« Si l'on met un petit morceau de chlorure de cuivre dans une solution de 4 à 6 pour 100 de ferrocyanure de potassium, il se développe une formation s'appuyant sur le fond du vase, avec membrane de ferrocyanure de cuivre, à l'intérieur de laquelle circule un liquide vert. Mais très peu de temps après, la cellule commence à croître exclusivement par le sommet, de sorte qu'elle passe de sa forme arrondie initiale à une forme allongée dont l'axe longitudinal est vertical. »

Toutes ces expériences de Traube et celles qu'on pourrait encore y ajouter en passant en revue les quarante-huit séries d'expériences faites par cet auteur en 1865 et 1867, ainsi que les nouvelles recherches de même espèce publiées en 1875, contiennent celles de S. Leduc sur les prétendues plantes artificielles, et aussi un grand nombre d'autres résultats. D'ailleurs, les expériences classiques de Traube ont été reprises et variées à l'infini par un grand nombre d'auteurs. Il suffira de mentionner à cet égard les arborescences décrites par Pfeffer. Il résulte de toutes ces expériences que la forme du précipité obtenu est fonction du milieu où il s'est développé, et aussi dans une certaine mesure de la forme du vase qui contient la dissolution.

La production de ces singuliers précipités est aujourd'hui devenue banale et se fait couramment dans les cours de chimie, sans que personne ne se flatte pour cela d'avoir reproduit le phénomène de la vie. Avec un réel souci de la vérité, le professeur Bonnier rappelle encore que, en faisant usage de divers sels, leur confrère, M. Gernez, avait réalisé des précipités tellement nets et stables, qu'ils pouvaient être conservés dans du papier comme des plantes d'herbier, et que des amateurs s'y étaient trompés à première vue, prenant pour des algues ces précipités métalliques.

En somme, il est difficile de voir en quoi les expériences de S. Leduc apportent sur ce sujet quelque fait nouveau, sauf toutefois l'interprétation fantaisiste qu'il en donne. Il laisse entendre, en effet, que ces précipités métalliques, tubulaires, possèdent l'organisation cellulaire : un appareil circulatoire, des phénomènes de thermotropisme, d'osmotropisme et de nutrition. Il ne reste plus qu'une seule fonction à réaliser pour achever la synthèse de la vie : la reproduction en séries. Mais il espérait bien ne pas tarder à obtenir ce résultat..... Nous l'attendons toujours.

On sait que l'être vivant manifeste son activité par des phénomènes où peuvent intervenir des forces physico-chimiques. Traube a vérifié ce fait en examinant les propriétés

des membranes hémi-perméables. C'est également ce qu'a fait S. Leduc, mais il n'a apporté aucun élément nouveau. Quant à l'organisation cellulaire et à l'appareil circulatoire, rien de semblable ne s'observe dans la constitution de ces curieux précipités tubulaires.

Mais l'argument le plus décisif contre les propriétés vitales prêtées par S. Leduc à ces curieux précipités a été formulé par MM. Charrin et Goupil dans une note présentée par le professeur d'Arsonval à l'Académie des sciences dans la séance du 21 janvier 1907. Au début de leur communication, les deux auteurs s'expriment ainsi : « Les expériences relatives à la genèse des plantes artificielles, récemment publiées par S. Leduc, ont soulevé des discussions. En dehors du côté historique que nous négligeons, ces discussions ont porté non sur ces expériences elles-mêmes, faciles à reproduire, mais sur certaines interprétations formulées ou sur la portée que quelques-uns ont eu tendance à leur attribuer. En effet, l'intérêt de ces constatations réside surtout dans la valeur de ces interprétations. »

Or, ce que désire par-dessus tout S. Leduc, c'est qu'il soit bien établi que ses précipités présentent tous les caractères de la vie, et offrent même le phénomène de la nutrition. Mais après les travaux de Charrin et Goupil, cette manière de voir ne saurait plus être soutenue. Ces auteurs ont constaté qu'à la rigueur des corps inorganiques comme, par exemple des cristaux, sont susceptibles de donner au moins l'illusion du premier et du troisième temps de cette opération physiologique qu'est la nutrition; toutefois, ils ne sauraient jamais réaliser le deuxième. « Quand, disent-ils, dans un milieu saturé prend naissance une masse cristalline, cette formation croissante peut simuler le premier temps ou apport des éléments constitutifs. De même, sa désagrégation, sa dislocation rappellent le troisième temps, c'est-à-dire la désassimilation. Mais, de près ou de loin, en apparence ou en réalité, aucune phase ne correspond au deuxième temps, c'est-à-dire à l'assimilation. »

Cette assimilation, en effet, ne consiste pas uniquement à incorporer aux tissus des éléments identiques à ceux qui les constituent. Elle a aussi pour fonction, avant de les introduire dans le protoplasma, de transformer en de tels éléments des principes analogues et, plus encore, différents. C'est, avant tout, le pouvoir de refaire sa propre substance avec des produits initialement autres que cette même substance qui caractérise l'assimilation. C'est là une fonction physiologique comprenant des stades nombreux et compliqués, tandis que l'addition de matériaux de même nature n'est susceptible que d'un mécanisme purement physique. Remarquons, en outre, que la quantité du corps métamorphosé et assimilé doit forcément diminuer, et il est probable également que le poids de l'ensemble (graine, plante artificielle, milieu) doit varier.

Relativement aux expériences de S. Leduc, il y avait bien des motifs pour penser qu'on se trouvait en présence de phénomènes physico-chimiques relevant des pressions osmotiques, de la diffusion, des précipitations, etc. Néanmoins, Charrin et Goupil, s'inspirant en cela des procédés de la méthode expérimentale, ont voulu soumettre au contrôle de l'expérience les faits décrits par cet auteur.

Voici le dispositif de leurs expériences :

Expérience I. — A l'aide du sulfate de cuivre et du sirop de sucre, on prépare des graines artificielles de Leduc. On les ensemence dans un milieu contenant du chlorure de sodium à 10 pour 1000, mélangé à parties égales à une solution de ferrocyanure de potassium à 1 pour 30; l'addition de gélatine est facultative.

On place le tube contenant ces divers produits sur le plateau d'une balance de précision; on met obstacle à l'évaporation, et, d'heure en heure, on relève le poids. Or, à aucun moment, ces auteurs n'ont noté une appréciable variation de poids.

Expérience II. — On dose le sucre des graines artificielles; puis, dans les conditions de l'expérience précédente, mais sans user de la balance, on sème une de ces graines, et on obtient une sorte d'arborescence de $0^{cm},75$ de haut.

En raison de quelques difficultés tenant au cuivre ou au ferrocyanure de potassium, on pratique un grand nombre de fois, et en ayant recours à plusieurs procédés, le dosage du sucre. Or, ces divers dosages n'ont pas permis de relever de variations appréciables. Il n'y a donc pas eu utilisation du sucre; partant, la nutrition ne s'est pas opérée, et la vie ne s'est pas manifestée.

Ces résultats mettront un terme aux interprétations qui se sont produites relativement aux cellules de S. Leduc, qui ne sont que de simples précipités chimiques susceptibles de

s'accroître par l'apport des éléments contenus dans l'éprouvette servant à l'expérience, mais qui jamais ne se modifient pour former un produit d'assimilation et de désassimilation. On peut donc en conclure que les précipités de Leduc sont comparables tout au plus à ceux que l'on obtient dans les laboratoires de chimie par l'action de certains métaux sur les sels.

Que l'on abandonne, par exemple, une dissolution d'azotate d'argent dans un vase dont le fond est occupé par du mercure, l'argent se précipite peu à peu et forme de beaux cristaux au sein du liquide. C'est l'arbre de Diane. Mais l'expérience classique est celle de l'arbre de Saturne, dû à l'action du zinc sur les sels de plomb. On sait, en effet, que ces derniers sont précipités par le zinc. Dans une dissolution étendue d'acétate de plomb additionnée d'une petite quantité d'acide acétique, on plonge une lame de zinc à laquelle sont attachés des fils de laiton; des cristaux de plomb, qui peuvent devenir assez volumineux, se déposent peu à peu sur les fils de laiton, donnant à tout cet ensemble l'aspect d'un arbre renversé.

Pourrait-on dire que, dans ces deux expériences, on a obtenu le phénomène de la vie? A notre avis, les arborisations de S. Leduc ne dépassent pas, au point de vue des manifestations vitales, l'arbre de Diane ou l'arbre de Saturne.

V. — La plasmogénèse de Herrera.

C'est une tendance naturelle à l'esprit humain d'essayer d'analyser les phénomènes qui le frappent pour en mieux saisir l'harmonie et l'ensemble. L'enfant, en face de son jouet mécanique, ne tardera pas à le démolir pour apercevoir les ressorts qui le mettent en mouvement. Il essayera ensuite maladroitement de le remonter. Le chimiste n'agit pas différemment. En présence d'un corps, il tâche lui aussi de le décomposer en ses éléments simples; en un mot, il en fait l'analyse. Mais son esprit ne sera satisfait que le jour où reprenant ces éléments simples, il aura pu les grouper à nouveau et reconstituer le corps dont l'analyse les avait séparés. Il aura alors réalisé la synthèse.

En face du protoplasma, base physique de la vie, comme le déclare Huxley, les biologistes se sont inspirés des mêmes procédés d'analyse et de synthèse; mais, parmi eux, il convient de faire une place à part au professeur Herrera, de Mexico.

Après quelques années d'études expérimentales au sujet de l'imitation du protoplasma, il propose une hypothèse provisoire, à savoir que le protoplasma a pour base les phosphates ou silicates inorganiques colloïdes, lesquels sécrètent ou accumulent les principes organiques.

Il essaye un grand nombre de réactifs, en répétant et poursuivant les travaux de Bütschli, et s'adresse également aux substances albuminoïdes, auxquelles il n'a jamais pu réussir à donner une structure ou un mouvement amiboïde.

Après tous ces essais infructueux, il lui est donné d'observer un intéressant phénomène : c'est que l'acide métaphosphorique produit dans le blanc d'œuf, additionné de chlorure de calcium, des mamelons microscopiques qui se déforment peu à peu et possèdent des mouvements intérieurs très visibles. Du reste, ajoute-t-il, l'acide métaphosphorique trituré avec du chlorure ou du carbonate de calcium produit également une multitude de gouttes sarcodiques ou masses amiboïdes qui ressemblent beaucoup aux naturelles. Mais son disciple, G. Renaudet, déclare qu'il s'agit d'un simple phénomène dû à la saponification de la graisse souillant le chlorure de calcium, laquelle s'émulsionne avec la soude que l'on ajoute à l'acide métaphosphorique pour lui donner l'aspect vitreux.

Cherchant à pénétrer la structure du protoplasma, et rejetant en passant le cyanogène de Pflüger, la mystique biogène de Verworn ou les aldéhydes de Low, il est amené à supposer que la matière essentielle des êtres est un sel inorganique, visqueux, colloïde, agissant comme appareil osmotique, dissociant les ions, en même temps qu'il sécrète des albumines et des réserves très diverses.

Toutefois, Herrera ne paraît qu'à moitié convaincu de la valeur de ses hypothèses, et il déclare que la véritable théorie de la vie reste encore à découvrir; que son hypothèse du protoplasma inorganique repose seulement sur un petit nombre d'expériences, et que les raisons qu'il a présentées en sa faveur peuvent être erronées, car la chimie biologique n'est pas encore suffisamment claire et approfondie. S'il engage ses lecteurs à accepter que la base de la vie est une émulsion, il déclare lui-même

que ce ne doit être là qu'une opinion provisoire. Mais ce qu'il ne saurait accepter, c'est qu'on puisse considérer les substances albuminoïdes comme la base de la trame ou tissu du protoplasma, et, contrairement aux notions reçues par les savants, il met les substances minérales à la base de tous les phénomènes biologiques. Il en donne les raisons :

1° Elles forment des structures inorganiques, protoplasmiques, artificielles, douées, d'après lui, de certaines propriétés physiologiques.

2° Il existe entre la plante et le milieu inorganique des relations intimes et nécessaires. Or, la plante se nourrit uniquement d'air, d'eau et de sels.

3° Les animaux nourris de corps organiques purs, sans ingrédients minéraux, meurent rapidement.

4° Le sel, le calcium, le magnésium, le silicium, le fer, le manganèse sont indispensables à la vie, ainsi que l'eau.

En résumé, si Henneguy, Engler, Delage et d'autres concluent que le protoplasma est une substance albuminoïde, pour Herrera, une telle affirmation n'est pas prouvée, et la base du protoplasma pourrait bien être plutôt un sel inorganique (peut-être un phosphate ou un silicate), lequel agirait comme un appareil osmotique et électrolytique, sécrétant et absorbant cette multitude de corps secondaires que nous révèle l'analyse. Pour l'auteur, une telle conclusion s'imposera facilement, si on songe qu'avec de pareils sels inorganiques on obtient des imitations parfaites de l'aspect des cellules. Mais un tel argument ne saurait avoir une bien haute portée, si on a présents à l'esprit les curieux résultats obtenus par nombre d'auteurs, qui se sont servis des réactifs les plus divers.

C'est ainsi que, en 1824, Dutrochet obtint de véritables globules avec de l'albumine soumise à un courant électrique.

En 1840, Ascherson obtint également des globules par un mélange d'albumine et de graisses.

De 1864 à 1867, Traube put fabriquer des pseudo-cellules agissant comme de véritables appareils osmotiques, en employant la gélatine hydratée à 150° et du tanin dissous, ou bien du ferrocyanure de cuivre, expériences que S. Leduc devait s'approprier en 1905.

En 1868, Roiney fait voir qu'avec une solution de gomme et de chlorure de zinc on peut obtenir des cellules vacuolées.

En 1872, Harting, traitant des précipités calcaires dans des milieux colloïdes, obtient des structures concentriques et radiées à aspect de pseudo-coquilles.

En 1882, Monnier et Vogt ont pu reproduire des formations vésiculeuses ou tubuleuses avec propriétés osmotiques, en employant des solutions sirupeuses de sucrate de chaux ou de silicate de sodium.

En 1884, Quincke et Bütschli, s'adressant à des savons en formation, à des huiles triturées avec du sel ou du sucre, à des mélanges de xylol et de savon, d'huile et d'eau, obtinrent des mouvements amiboïdes, des structures alvéolaires, des courants osmotiques, des vacuoles, etc.

Enfin, si on fait des mélanges d'acide oléique et d'alcalis, comme Herrera a eu l'idée d'en faire, on obtient l'imitation de beaucoup de structures, mouvements et variations du protoplasma et des organismes microscopiques. Signalons, en particulier, les imitations de microbes, de cils vibratiles, d'amibes en mouvement, de plasmodies et de cellules avec filaments intérieurs.

Mais les résultats les plus singuliers, et que Herrera qualifie de merveilleux, ont été obtenus par lui au moyen de certains silicates.

Henneguy déclare que l'acide silicique existe dans le protoplasma, et, d'après Carpenter, l'acide silicique pénètre à un degré extraordinaire toute la structure des Equisétacées. Joly et Curie pensent même que, après l'oxygène, la silice est le corps le plus commun dans la partie connue du globe. Par conséquent, il serait très surprenant qu'elle ne se rencontrât pas dans tous les organismes. Une autre raison qui permet à Herrera de conclure que la base de la vie réside dans les silicates, c'est qu'il obtient avec la silice et des silicates colloïdes des structures et des pseudo-organismes artificiels dont l'aspect rappelle toute une série de formes cellulaires.

Voici, du reste, sous forme de tableau et d'après Herrera, quelques-uns des résultats obtenus, ainsi que les modes de préparation pour les réaliser.

MODE DE PRÉPARATION	RÉSULTATS
Chlorure de calcium anhydre pulvérisé sur une goutte de solution sirupeuse de silicate de sodium ou potassium. On laisse ensuite tomber	Structures circulaires concentriques. Vésicules avec radiations semblables aux astro-sphères de la mitose. Pseudo-organismes flagellés avec ou sans noyau.

une lamelle sur la goutte et on observe au microscope.	Spermatozoïdes. Pseudo-organismes avec flagellum et cils symétriques ou irréguliers. Tubes avec sphérules terminales.
Chlorure de calcium ou d'aluminium pulvérisé sur une goutte de solution sirupeuse de silicate alcalin très épaisse sans lamelle.	Pseudo-amibes hyalins dégageant des pseudopodes filamenteux ou dilatés. On observe des mouvements de courte durée, des courants osmotiques intérieurs.
Particules de silicate alcalin presque sec déposées sur une solution sirupeuse de chlorure de calcium.	Amibes avec des noyaux obscurs. Déformations de courte durée.
Silicate d'aluminium teint avec le carmin et coagulé avec de l'alcool à 85°.	Ramifications granulées très fines. Pseudoneurones.
Acide oléique déposé sur une goutte de silicate alcalin. Le jour suivant, on lave avec de l'alcool, de l'éther et de l'eau.	Pseudo-fibres musculaires striées.
Silicate et alcool triturés sur le porte-objet pendant plusieurs minutes.	Cordons protoplasmiques vacuolés. Structure alvéolaire du protoplasma. — Ces cordons prennent très bien le vert de méthyle.
Silicate sirupeux et solution saline très concentrée.	Masses de plasmodies et de cordons avec d'énormes noyaux réfringents entourés de radiations granulées (astrosphères).
Silicate de sodium additionné de potasse caustique et poudre de sulfate d'aluminium.	Mycélium et filaments fructigères d'un champignon parasite.

En résumé, conclut Herrera, les imitations du protoplasma deviennent chaque jour plus semblables au modèle naturel, et celles que l'on prépare avec des silicates colloïdes sont presque égales à la matière vivante, sous le rapport de la structure et du pouvoir d'absorption. Mais, en réalité, on n'a imité approximativement que la structure physique du protoplasma, et le seul fait qui paraît découler des recherches de Herrera est que les savons, les oléates, les tannates, les phosphates, les ferrocyanates, les silicates donnent des émulsions qui ont une vague ressemblance avec le protoplasma. Du reste, toute substance excessivement divisée au sein d'un liquide peut rappeler certains détails de structure protoplasmique; c'est le cas des mélanges de sucre et d'huile, de xylol et de savon; mais c'est surtout, pour Herrera, le cas de certains silicates, et il ajoute qu'alors la ressemblance se confond avec l'identité. Pour lui, également, les pétroplasmas des cristaux en formation se rapprochent aussi du protoplasma, et il espère qu'ils arriveront peut-être un jour à vivre dans les milieux des laboratoires. Allant plus loin, il se demande même si la vie ne saurait être envisagée comme une cristallisation imparfaite, ayant pris naissance dans des corps à l'état pré-cristallin. De l'ensemble de toutes ces recherches, il résulte clairement que, si les manipulations précédentes ont pu reproduire l'aspect structural du protoplasma, elles ne fournissent pas la moindre lumière relativement à la composition chimique du modèle qu'on a essayé d'imiter, et il reste encore, entre l'imitation et le modèle, la même distance qui sépare la statue la plus finement ciselée de l'être vivant qu'elle représente. Cette distance, Herrera essaye de l'atténuer de plus en plus, de manière à rendre l'assimilation plus complète, et, à cet effet, il invoque l'autorité de Von Schroen. S'appropriant même ses idées, il déclare que les études les plus récentes ont montré que les cristaux se forment au moyen de la condensation d'une espèce de protoplasma avec noyau, appelé pétroplasma, c'est-à-dire qu'ils ont une origine semblable à la cellule, et il ajoute qu'on connaît de vrais germes de cristaux que l'on sème comme des sortes de microbes produisant des cristaux semblables et pouvant se cicatriser et se régénérer.

« On a, dit-il, préparé dans les laboratoires des pseudo-êtres vivants et des structures pseudo-organisées au moyen de réactifs qui n'ont rien de mystérieux, comme l'huile et le carbonate de potassium, le tanin et la gélatine, l'acide oléique et les alcalis, les ferrocyanates, les phosphates, les carbonates, les silicates. Ces derniers, base de la minéralogie, paraissent être aussi celle de la physiologie, car ils forment des amibes, des cellules, des champignons artificiels si parfaits, qu'on les prendrait pour des organismes malades ou endormis, avec une sorte de vie indifférente! De cette manière, les analogies entre la matière inanimée et la matière animée deviennent si suggestives, que l'esprit reste confondu comme un de ces oiseaux nocturnes surpris par une lumière vive et inattendue. »

Il s'arrête, hésitant, avant de formuler la conclusion dernière et définitive : qu'il

n'existe pas d'abîme entre les corps vivants et les corps cristallisés et il ajoute : « L'idée que le cube de sel ou le prisme d'alun se constituent par la condensation d'un petroplasma et peuvent se diviser, se cicatriser, assimiler comme un Protococcus ou comme une feuille de rose, est suffisante pour que le véritable homme de science accepte ouvertement et courageusement la théorie mécanique et unitaire de la nature. »

On a dit, avec une apparence de raison, que la chimie organique n'était, au fond, que l'histoire du carbone. Mais de nombreux liens de parenté ont été établis entre ce corps et le silicium. Il suffira, pour s'en convaincre, de consulter les travaux de Friedel et Ladenburg. Aussi quelques auteurs, et en particulier Schulz, étudiant la forme et l'état de combinaison de l'acide silicique dans les tissus conjonctifs, admettent la possibilité de la substitution d'un atome de silice à un atome de carbone dans l'albumine de ces tissus.



PSEUDO-ORGANISMES ARTIFICIELS
DE SILICE ET DE SILICATES COLLOÏDES (HERRERA)

On conçoit sans peine que de pareilles observations furent accueillies par Herrera avec la plus grande faveur. Certes, le problème de l'origine de la vie n'en recevait pas sa solution ; mais puisque la silice pouvait se substituer au carbone, et que ce dernier paraissait avoir joué un rôle considérable dans l'apparition des premiers êtres, ne pourrait-on pas dire désormais que le premier facteur de la vie était la silice ? C'est bien ce que pense Herrera, et « ainsi, dit-il, s'impose la conclusion que nos imitations du protoplasma, préparées avec l'acide silicique et les silicates, tendent à se confondre, par des caractères profonds et suggestifs, avec le modèle vivant naturel ». Pour lui, l'argile naturelle, pleine d'impuretés et toujours en période de gélatinisation, est un « embryon inorganique ».

En réalité, Herrera se fait une conception trop simple de la vie en rapportant à ce phénomène si complexe de vulgaires manifestations physiques régies par les lois des densités ou de l'osmose, et que tous les jours nous pouvons reproduire dans les manipulations du laboratoire. Que se passe-t-il, en effet, dans les expériences de Herrera ? On prend une solution de silicate que l'on peut additionner de potasse et de sulfate d'alun, si l'on veut obtenir des figures organoïdes plus curieuses, et on laisse tomber un grain ou cristal de réactif. Au boût d'un certain temps, cette particule s'entoure d'une membrane de précipitation formée par la silice coagulée ou le silicate insoluble. Cette membrane est plus ou moins perméable, fragile, élastique et soluble dans l'excès du silicate.

On devine dès lors ce qui va se produire. Au travers de la membrane, le réactif intérieur, obéissant aux lois de l'osmose, va s'infiltrer sur le réactif extérieur, et, suivant la perméabilité plus ou moins considérable de cette membrane, on obtiendra la formation de poches, d'appendices, de filaments, de digitations, de couches concentriques, etc. Ces formations sont très variées et d'une complexité poussée parfois jusqu'à l'extrême. On peut en donner plusieurs motifs : le premier se tire de la multiplicité des courants qui s'établissent, les uns allant de l'intérieur vers l'extérieur ou courants exosmotiques, les autres se dirigeant en sens inverse ou courants endosmotiques. En outre, si l'on pulvérise des sels sur la solution de silicate, chaque grain se dissout d'abord dans la surface ; dès lors, des courants centrifuges se produisent, dus à la fois à la dissolution progressive du sel dans l'eau du silicate, et aussi à la diffusion, au

mouvement des ions, à la pression osmotique et à la température.

On peut observer le courant au microscope en suivant la marche des granulations et impuretés, et on constate que leur vitesse comme leur durée sont excessivement variables. Ainsi, si on plonge dans la solution de grands cristaux de sulfate de cuivre, on remarque sur les bords des courants visibles à l'œil nu, et ayant une durée de trente minutes à deux heures. Dans ce cas, le cristal s'entoure d'une membrane de précipitation qui se brise subitement en un point donné. On voit alors la solution de sulfate de cuivre sortir à flots et coaguler le silicate à son contact, ce qui donne une arborisation à aspect très curieux. Traube, du reste, avait décrit le même phénomène avec le ferrocyanure de cuivre.

Or, en même temps qu'un courant centrifuge ou exosmotique, on observe un courant centripète ou endosmotique, provoqué par le fait que les silicates avec excès d'alcali sont cristalloïdes et traversent les membranes poreuses. La conséquence de ce courant endosmotique sera de provoquer des précipitations et des structures internes donnant lieu à une série de figures à aspect varié, parmi lesquelles dominent des granulations, des filaments linéaires, spiralés ou à couches concentriques, des striations à forme étoilée, des corpuscules qui semblent être formés par des particules de sel dégagées par le courant intérieur ou par des parties concentrées de la solution, et qui donnent, au microscope, l'illusion de noyaux.

Nous venons d'exposer avec un certain détail les expériences de Herrera, et nous allons essayer maintenant d'en retirer les conclusions. Avec certains éléments chimiques mis en présence, il a obtenu des figures à aspect cellulaire, et il a pu déceler des courants endosmotiques et exosmotiques. Mais, dans une question d'une importance aussi haute que le phénomène de la vie, on comprendra sans peine qu'on ne puisse se contenter d'une simple apparence.

En réalité, Herrera a-t-il réalisé des cellules vivantes ? En un mot, a-t-il trouvé la solution du problème de la vie ? On conviendra sans peine que les organismes de Herrera ne sont que des pseudo-organismes, et que son protoplasma artificiel n'est qu'un silicate colloïdal obéissant, comme tous les sels solubles, à la loi générale de l'osmose. On sait que toutes les émulsions sont détruites par l'action des dissolvants, que les oléates, mousses de Bütschli, tannates, ferrocyanures, etc., sont dissociés par les acides forts et plus ou moins attaqués par les alcalis.

Les silicates eux-mêmes, qui sont cependant très résistants, sont dissociés par les alcalis et leurs sels. Or, rien de pareil dans la cellule vivante, qui peut parfois se rétracter au contact des solutions précédentes; mais jamais on n'assistera à la dissolution de ses éléments. Cette dernière propriété appartient en propre aux substances minérales, et jamais ces dernières n'ont présenté le phénomène de la vie.

En outre, puisque le protoplasma est la base de la vie, et que les solutions de silicates de Herrera ont la prétention d'imiter le protoplasma, il est de toute nécessité d'examiner si les composés silicatés rappellent la structure du protoplasma. Les récents progrès de l'histologie ont permis de déceler, dans le protoplasma, deux éléments structuraux complètement différents : le spongioplasma et l'hyaloplasma. Or, le microscope ne révèle rien de semblable dans la pseudo-cellule de Herrera. Quant aux courants endosmotiques et exosmotiques, il nous paraît impossible de les assimiler aux courants ou plutôt aux mouvements protoplasmiques qui s'observent surtout à l'intérieur même du protoplasma.

Mais, si nous comparons la formation nucléaire de la pseudo-cellule de Herrera avec le noyau cellulaire de la cellule animale ou végétale, nous serons bien obligés de constater que l'assimilation entre ces deux éléments est absolument impossible. Il n'est rien, en effet, dans le noyau du cristal de Herrera qui rappelle les nucléoles, les filaments de linine ou les grains de chromatine.

Un autre inconvénient fondamental pour les recherches de Herrera comme pour celles de Leduc, est que les formes organoïdes qu'ils décrivent, ainsi que leurs changements d'évolution, sont trop passagers. Sans l'aide de la photographie, qui fixe les formes et leurs changements à la minute, la description des figures obtenues aurait été énormément difficile. Rien de pareil dans la cellule vivante, qui, habituellement, conserve son aspect ou, du moins, ne le modifie que lentement.

En résumé, les formations décrites par Herrera ne sont qu'une image grossière de la cellule, et jamais, à aucun moment, elles ne présentent le phénomène de la vie.

VI. — La vie des cristaux d'après Quincke et Schroen.

Une communication faite à Rome en avril 1903 par le professeur Schroen posa le problème de la vie sous un autre aspect et avec des données différentes. Il avait intitulé son travail : *la Vie des cristaux*, et ce titre révélait déjà la hardiesse des idées développées par l'auteur. En réalité, tout dépend de ce que nous entendons par cette expression : la vie. Or, les idées de Schroen à ce sujet sont à peu près celles des biologistes mécanistes. Ces derniers proclament que rien ne vit, car tout ce que nous appelons la vie n'est pas autre chose qu'un ensemble de faits régis par les lois de la mécanique. Ils reconnaissent pourtant des différences quantitatives dans les phénomènes vitaux, et ils aiment à rappeler que les anciens mettaient la vie ou du moins plaçaient un génie dans toutes les manifestations de l'énergie et dans tous les phénomènes. L'espace, la mer, la source, la forêt, tout, dans leur esprit, était animé. Nous pouvons même ajouter que les génies créés par leur imagination étaient toujours pourvus de tous les charmes.

Toutefois, avant d'exposer les théories de Schroen sur la vie des cristaux, nous résumerons en quelques lignes, d'après Benedikt, les idées de Quincke sur leur origine, idées qui ont eu l'influence la moins contestable sur les conceptions de Schroen.

D'après Quincke, les hypothèses imaginées jusqu'à ce jour sont incapables de nous fournir le moindre point de repère au sujet de la formation des cristaux, ou de nous renseigner sur les énergies organisatrices entrant en jeu lors de cette formation. Mais les idées relatives aux solutions ont subi des modifications considérables.

Avant tout, il faut reconnaître la présence d'ions libres, et à côté de ces ions se trouvent des molécules salines neutres dont la présence implique différents degrés de concentration. Toutefois, dans l'état actuel de nos connaissances, nous ne savons pas encore quels changements la mise en liberté des ions provoque dans les diverses couches de la solution.

Un autre fait fondamental a été mis aussi en lumière. Une solution aqueuse d'un sel renferme des parties denses, de consistance huileuse, et des parties moins denses, plus pauvres en eau. Dans la solution, ces divers composants se touchent, mais à leurs surfaces de contact se manifestent des tensions superficielles. Or, ce sont ces potentiels qui jouent un grand rôle dans la formation des cristaux. Il est facile de constater que la dilution de l'alcool ou de l'éther au moyen de l'eau ne se fait pas sans résistance. En pénétrant dans l'éther ou dans l'alcool, l'eau forme une spirale, montrant bien que cette résistance existe. Du reste, Quincke a mis les solutions salines et aqueuses les plus variées en contact avec de l'alcool, et il a toujours observé des tensions superficielles. Sous leur influence, il se forme des gouttelettes et des vésicules, et il observe que les parois de ces dernières sont riches en alcool, tandis que leur contenu est riche en eau. Ces vésicules isolées ou groupées (cellules mousseuses ou écumeuses) sont, elles aussi, les unes riches en alcool, les autres riches en sels dissous. Il se forme également des tubes parallèles à la périphérie ou aux rayons des gouttelettes, et ces tubes peuvent aussi former des vésicules séparées. Celles-ci abandonnent de l'eau, deviennent rigides et forment des cristaux.

Pour mieux comprendre la formation des cristaux, Quincke a observé l'action de l'eau sur les substances colloïdes. Pendant ce processus, il a pu noter un double phénomène :

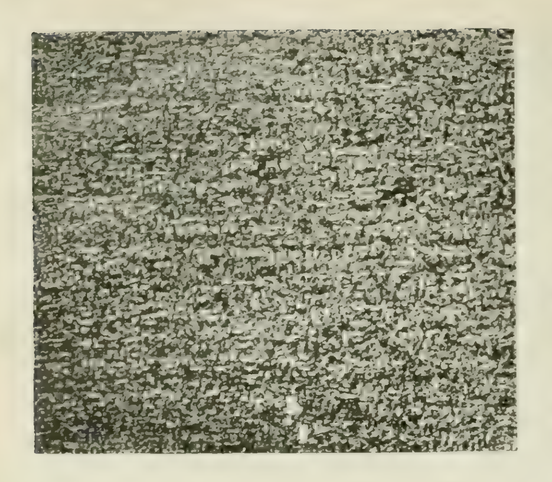
1° La formation d'une solution visqueuse, colloïde, semblable à de l'huile;

2° La formation d'une solution riche en eau.

A côté, se trouvent des solutions pauvres en eau, chez lesquelles la tension superficielle produit des globules, des surfaces en hélice, des vésicules creuses et des cellules écumeuses qui se réunissent en groupes. Leurs parois peuvent devenir si minces, qu'elles en deviennent invisibles. En se desséchant, la solution colloïde et la solution étendue se contractent inégalement, formant ainsi des surfaces de séparation saillantes qui feront bien ressortir les parois écumeuses.

On peut, du reste, résumer ainsi les idées de Quincke : les cristaux sont des cellules écumeuses dont les parois, devenues rigides, proviennent de la partie concentrée de la solution.

Comme nous l'avons déjà dit, les expériences de Quincke ont puissamment contribué aux recherches de Schroen ; mais le fait qui l'engagea tout d'abord dans l'étude de la formation des cristaux fut la découverte de corps cristallisés accompagnant le microbe



STADE PRÉCRISTALLIN DANS UNE SOLUTION CONCENTRÉE D'ALUN (BENEDIKT)

de Finkler-Prior ou microbe du choléra nostras. Plus tard, il étudia tous les phénomènes de la cristallisation dans les solutions concentrées d'un grand nombre de sels, et, de préférence, il employa la méthode de la goutte suspendue.

L'apparition des premières traces de cristaux est précédée, pour Schroen, d'un stade précristallin visible surtout dans les solutions d'alun. Il se forme d'abord une masse à l'aspect finement granulé qu'il désigne sous le nom de pétroplasma. Dans la suite apparaissent des réseaux et des renflements. Un examen attentif permet de distinguer deux substances différentes, appelées par Schroen le deutéroplasma et le protolithoplasma, qu'il compare à la paranucléine et à la nucléine. Le premier stade seul correspondrait à la gelée de Quincke.

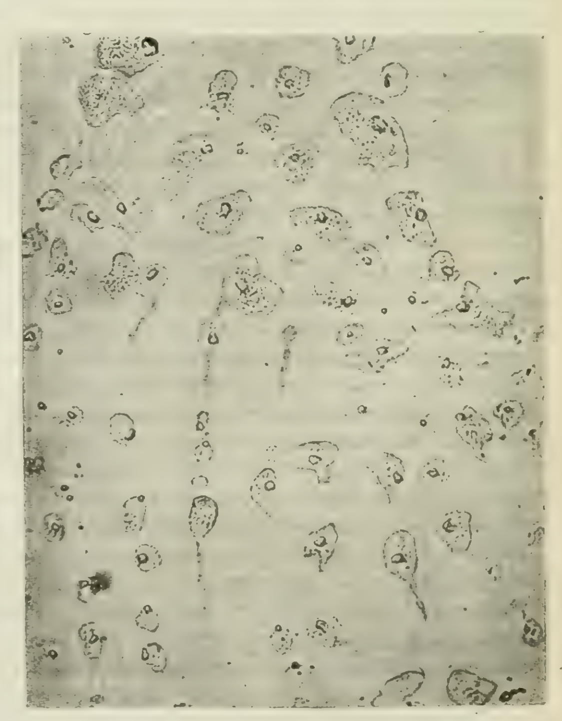
Dans cette masse ainsi différenciée, il se développe d'abord des formations nucléiformes. Ce sont les pétroblastes, que Schroen considère comme les plus petits éléments connus du règne minéral, et à qui il prête la faculté de germer. Voici, du reste, comment ils se produisent :

1° Ce sont les ponctuations homogènes les plus ténues des solutions salines. Ces ponctuations dérivent des filaments du réseau pétroplasmique des sels et des roches plutoniques; puis, ces ponctuations s'étendent; mais, au début, leur intérieur ne présente pas de différence de structure. La différenciation en deux substances optiquement différentes se produit ensuite. L'une, le protolithoplasma, forme une enveloppe, une coquille. L'autre, le deutérolithoplasma, constitue le centre, le contenu ;

2° Les pétroblastes se forment à un moment précis du développement des cellules pierreuses. Ils sont issus des filaments du deutéroplasma et du protolithoplasma;

3° Dans le stade précristallin des sels, les pétroblastes sont contenus dans des cellules semblables à des sporanges. Ces pétroblastes peuvent se transformer en corps celluliformes. Il se forme alors, dans cette masse différenciée, à la fois des pétroblastes et des corps semblables à des cellules. Ces corps ont un noyau et ont une grande ressemblance avec les ostéoblastes et les cellules ganglionnaires. Ce sont les pétrocellules de Schroen.

Les observations de Schroen sur le stade précristallin et sur le passage à l'état de cristal, sont confirmées par les études d'un savant hollandais, P. Harting. Il a observé pendant



AUTRE STADE PRÉCRISTALLIN DANS UNE SOLUTION D'ACIDE SALICYLIQUE (Petrocellules de SCHROEN (Benedikt).

plus de trente ans les transformations présentées par les corps inorganiques au moment de leur passage de l'état liquide à l'état solide. Il avait vu se produire des formes rappelant les formes organiques. Cet auteur s'était surtout occupé de la précipitation du carbonate de chaux, telle qu'elle se produit dans la solution d'un sel calcaire additionné de carbonate de potassium ou de sodium. Mises en contact dans une éprouvette, ces deux solutions produisirent tout d'abord une masse gélatineuse et adhérant au verre. Harting donne le nom de colloïde à cet état. On constate que cet enduit gélatineux est transparent et plissé, et qu'il forme une sorte de membrane. Celle-ci perd bien vite sa transparence, et il se forme alors des molécules très petites, analogues aux pétroblastes de Schroen. Mais ces molécules ne sont pas animées du mouvement moléculaire. Peu à peu, cette membrane perd sa transparence, se contracte et devient rigide et friable. Mais bientôt elle passe de l'état moléculaire à l'état floconneux, et ne tarde pas à se parsemer de corpuscules très réfringents, à contours distincts, animés d'un mouvement moléculaire déterminé; ces signes indiquent le retour de la substance dissoute à l'état liquide. Ces corpuscules sont arrondis, s'accroissent et remplacent peu à peu la membrane et les flocons. Les plus grands ont un noyau et un contenu granuleux. Morphologiquement, ce sont donc des cellules. L'addition de liquides végétaux mucilagineux, tels que la gomme arabique, le salep, l'amidon, est sans influence. Au contraire, on obtient d'excellents résultats en ajoutant des substances animales telles que albumines, sérum sanguin, bile.

Ces mêmes faits ont été observés à d'autres occasions par divers investigateurs. Carl Vogt et Monniez, en faisant agir des substances inorganiques les unes sur les autres, ont produit beaucoup de formes rappelant celles des corps organisés, et nous avons vu que déjà, en 1866, Traube avait vu se produire des corps à aspect cellulaire et tout à fait semblables aux substances organiques, en mettant en présence du chlorure de cuivre et du ferrocyanure de potassium.

Mais voici comment Schroen explique le passage du précristal à l'état de cristal.

1° Les filaments du réseau pétroplasmique donnent directement naissance aux futurs territoires cristallins; tel est, par exemple, le cas de l'alun. Les cristaux peuvent se développer dans les limites de ces territoires, dont la forme est très variable. Ce sont ordinairement des papilles tantôt simples et tantôt compliquées. Au début, leur forme n'a rien de mathématique: parfois même leur masse est informe; un premier angle de cristal se forme ensuite, puis viennent les autres angles, les pans et les arêtes. C'est ainsi que, peu à peu, une papille forme un octaèdre d'alun;

2° Les expansions du pétroblaste produisent de petits rhomboèdres s'accroissant par intussusception et non par juxtaposition;

3° Le noyau de la cellule pétreuse peut former un cristal. Quant aux produits nucléaires inutilisés et constituant des résidus, ils présentent un certain intérêt. Signalons, parmi eux, l'augite et la magnésite des noyaux de la cellule de feldspath;

4° Une série de territoires cellulaires peuvent se fusionner; leur hyalinisation produira un cristal. Ce phénomène est bien marqué dans l'opale, le quartz, la leucite.

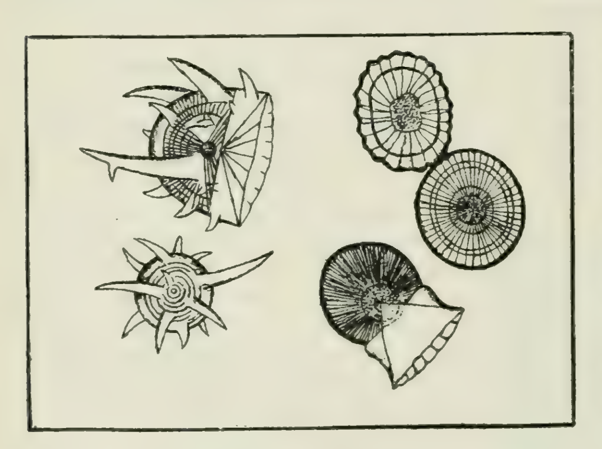
Nous venons d'exposer les conceptions de Schroen sur la formation des cristaux; mais, quelles que soient les conclusions qu'on ait voulu en retirer, qui oserait prétendre que le cristal présente à un degré quelconque le phénomène de la vie? Pour tous ceux que charment les comparaisons imagées, le cristal pourra bien apparaître comme le cadavre rigide d'un sel; mais, dissous à nouveau, ce cristal, comme le phénix, pourra ressusciter. Au contraire, le cadavre d'un animal ou d'un végétal peut tout au plus se conserver, mais il ne peut se dissoudre pour ressusciter ensuite. Le cristal est incapable d'employer, pour se former, des substances étrangères qu'il transformerait en corps devenant semblable à sa substance propre. Le cristal ne peut pas, comme fait la cellule, s'assimiler des matériaux nutritifs et les énergies qu'ils contiennent. Il n'est pas capable non plus de produire du travail en se décomposant, et jamais il ne présente des phénomènes de mitose ou d'amitose.

Cet ensemble de différences montre bien la signification qu'il faut attribuer à l'expression de la vie chez les cristaux. C'est par une analogie bien lointaine et par une sorte de besoin d'employer des mots à image que nous nous servons de ce terme pour désigner des phénomènes qui n'ont entre eux aucun rapport.

En effet, la vie des cristaux ou plutôt du sel dont ils dérivent est absolument différente de la vie de la cellule.

VII. — Les cellules de Harting.

Il n'existe guère aujourd'hui de savant qui admette que, dans les organismes animaux et végétaux, le plasma puisse donner naissance à des cellules. Toutefois, pour Benedikt, la découverte des Monères de Hæckel aurait sérieusement ébranlé la loi *omnis cellula e cellulâ*. Nous avons dit, dans un paragraphe précédent, ce qu'il fallait penser de cette théorie de Hæckel. Néanmoins, l'opinion suivant laquelle le plasma peut former des éléments histologiques et des tissus est très ancienne. Le vieux maître de l'époque florissante de l'école de Vienne, Rokitansky, a été son défenseur le plus illustre. Mais, à vrai dire, le plasma de Rokitansky est un produit directement ou indirectement cellulaire.



CONOSTATS DE HARTING

A cet égard, les expériences de Harting méritent d'être rappelées. Elles ont trait à la formation de sphérites calcaires au sein d'un liquide organique, l'albumine liquide, par exemple. Nous résumerons en quelques mots les expériences de Harting.

Une assez forte quantité d'albumine liquide est versée dans une capsule de porcelaine ou de verre; la hauteur du liquide doit être de 10 à 15 millimètres au centre de la capsule. En deux points opposés du bord du liquide, deux sels à l'état solide sont mis en contact avec l'albumine. Supposons que ces deux sels soient du chlorure de calcium et du bicarbonate de soude. Ils vont se dissoudre peu à peu, et les parties dissoutes se répandent dans l'albumine et finissent par se rencontrer. Il se formera alors du carbonate de chaux insoluble qui va se précipiter.

Une condition importante pour le succès de l'expérience, est que la capsule soit couverte et maintenue dans une immobilité parfaite. Dès lors, à la suite de ces décompositions, on ne tardera pas à observer un développement plus ou moins considérable de pénicilles, et, dès le troisième jour, apparaîtra une croûte partant des bords et cheminant vers le centre. Deux semaines après le début de l'expérience, la croûte entière est composée de corpuscules dont le diamètre atteint jusqu'à 150 μ. L'accroissement s'arrête alors. Si, maintenant, on passe à l'examen des corpuscules, on peut faire les constatations suivantes: les corpuscules isolés sont ordinairement arrondis; ceux qui sont soudés ensemble sont polyédriques; beaucoup renferment un noyau, et un grand nombre, surtout parmi les plus grands, sont formés d'anneaux concentriques avec un pourtour plus réfringent.

Quand ces corpuscules affectent la forme concentrique, ils ont un aspect rayonné et paraissent alors formés d'une multitude de pyramides à base extérieure. Souvent même les bords sont dentelés. Ces corpuscules ont pour la plupart un noyau bien distinct à contenu granulé.

Mais un groupe de corpuscules a spécialement attiré l'attention de Harting : ce sont ceux qu'il désigne sous le nom de conostats. Ils sont formés d'une sorte de corps cellulaire nucléé, arrondi, solide et comme tranché d'un côté. Sur ce côté, au niveau du liquide se produit une formation creuse ressemblant au bord supérieur d'une coupe, et dont la signification sera donnée plus bas. A côté des conostats, il convient de placer les corps gémellaires, qui offrent l'aspect d'une division cellulaire par le procédé de la karyokinèse. Il existe encore d'autres corpuscules qui sont un mélange d'albumine et de carbonate de chaux. Ce dernier corps peut être enlevé quand on traite ces corpuscules par l'acide acétique, et Harting appelle globuline la substance organique restant après l'enlèvement du sel calcaire insoluble. Ajoutons que les

réactions chimiques de la globuline calcique la rapprochent de la chitine, et peut-être encore d'avantage de la conchyoline.

Mais, à la périphérie de l'albumine, il se déroule d'autres processus qui présentent un certain intérêt. En effet, en expérimentant avec des fluorures, on voit se former, après disparition du fluorure de calcium, et à l'endroit occupé antérieurement par ce sel, un cylindre creux dépassant le niveau liquide et fixé au fond de la capsule par une membrane légère. Dans sa partie supérieure, ce cylindre va en se rétrécissant, et le bord supérieur est dur comme du cartilage; quant aux couches inférieures, elles ont la consistance des tendons. Cette masse ne renferme que des traces de carbonate de chaux, et cela seulement vers le bord supérieur. C'est là que se trouvent, pour Harting, des cellules à gros noyaux. Si on considère la partie de la masse privée de chaux, on remarque qu'elle est percée de trous visibles à l'œil nu. Ceux-ci sont entourés de lamelles membraneuses, et ces lamelles paraissent contenir des fibrilles rappelant le tissu conjonctif. Entre ces fibrilles sont des espaces remplis de fines granulations.

La substance qui forme ce cylindre offre les réactions de la globuline calcique, et son élasticité est celle des tendons; on peut s'en apercevoir quand on essaye de la dissocier. Élevée au-dessus du liquide, elle offre l'aspect d'une excroissance ou d'une sécrétion provenant d'une masse organique analogue à la chitine. Au-dessous du niveau du liquide, les lamelles sont fortement plissées, et chacun des plis principaux est composé d'une série de plis plus petits, circonscrivant un labyrinthe d'espaces vides. Quant aux lamelles, elles sont formées de corpuscules arrondis ou polyédriques nucléés. Qu'on enlève maintenant la chaux, le tissu restant ressemble alors, d'une manière frappante, à du tissu glandulaire, et, à en croire Harting, un histologiste non prévenu aurait peine à distinguer un pareil tissu du véritable tissu glandulaire.

Les recherches de Harting, et tout particulièrement les conostats, doivent faire songer aux travaux publiés en 1880, en Allemagne, par Otto Hahn. A cette époque, les calcaires et les rognons à éozoons du Canada faisaient l'objet de nombreuses discussions scientifiques. Ces rognons étaient inclus dans de la serpentine entourée elle-même de gneiss; ils contenaient des formes organoïdes qui furent d'abord considérées comme des restes d'animaux. Mais Hahn les attribua au règne végétal, et les désigna sous le nom d'éophyllums, de préférence à celui d'éozoons. Le calcaire du Canada est considéré comme le sédiment le plus ancien; aussi faudrait-il alors admettre que l'éophyllum devait être le premier témoin de l'apparition de la vie sur la terre. Nous avons cherché à établir ailleurs la véritable signification de l'éozoon canadense, et nous renvoyons le lecteur aux lignes que nous avons écrites à ce sujet. Nous pouvons désormais compléter ces renseignements en disant qu'il est fort probable que, lors de l'apparition des eophyllums de Hahn, les conostats ont dû jouer un rôle très important dans la formation de pareils accidents minéralogiques. Il a suffi pour cela de la présence de certains composés organiques, ce qui n'implique nullement la nécessité de l'existence de certains êtres vivants à formes et à structure très rudimentaires.

VIII. — La cellule de Benedikt.

A côté des biologistes qui ont abordé le problème de la vie et qui ont essayé d'en donner une solution toute naturelle, uniquement basée sur les données de la chimie, il convient d'accorder une mention spéciale au professeur de l'Université de Vienne, le Dr Moriz Benedikt. Sa cosmogénie, partant d'une hypothèse qu'il se contente d'affirmer gratuitement, fait naître le monde organique du monde inorganique, et si la transition entre ces deux mondes a jusqu'ici échappé à l'homme, il se flatte de retrouver les chaînons qui les unissent l'un à l'autre. Certes, bien des progrès étaient nécessaires avant de pouvoir poser scientifiquement le problème de l'origine de la vie, et, pour lui, la notion importante était de savoir que les éléments chimiques du monde organique sont les mêmes que ceux du monde minéral. Il fallait également avoir des notions sur la nature intime des solutions, en particulier celles que nous devons aux travaux de Quincke, de Harting, de Schroen; il fallait connaître la tendance à la formation de parties plus concentrées, enveloppées par des parties moins concentrées, constituant ce que Quincke a appelé les vésicules mousseuses (Schaumblasen).

Nous devions apprendre à connaître les

formes et même les phénomènes organiques qui accompagnent la cristallisation, tels que les phénomènes de division, la croissance des cristaux par intussusception, les constatations faites par Harting de la production de formes organoïdes et de formes de tissus dans le phénomène de la précipitation, sans la présence de substances organiques.

Mais le fait qui laisse entrevoir à Benedikt les plus heureuses conséquences est la production de corps organiques avec des substances inorganiques, comme l'a démontrée Wœhler, en effectuant la synthèse de l'urée. Dès lors, le phénomène de la vie sera également pour lui un phénomène de synthèse. Aussi est-il bien convaincu que le monde organique et la vie sont nés du monde minéral, dans des masses de vésicules mousseuses hautement organisées. Se rendant compte toutefois que la transition des masses inorganiques aux éléments vivants ne s'est pas opérée spontanément, Benedikt fera porter ses recherches sur les différents stades de passage, et il essaye de nous exposer l'ensemble des raisons qui, selon lui, permettent de comprendre et d'accepter une transformation si radicale. A cet effet, il entreprend de démontrer que l'ensemble des phénomènes prétendus vitaux trouvent aussi leur réalisation dans le règne inorganique.

Il commence d'abord par rendre un hommage sans réserve aux travaux de Schroen, dont les observations rapprochées des recherches de Quincke, Harting, Traube, Carl Vogt et Leduc lui paraissent confirmées. Ces faits sont donc classiques, et si on veut bien les comparer entre eux, ils ouvriront des horizons étendus et des vues profondes sur la morphogénèse biologique et sur la biomécanique en général.

Dans le premier stade précristallin, la substance dissoute représente une membrane. Cela révèle l'existence dans la solution d'états de cohésion insoupçonnés jusqu'à lui. Cette cohésion est inhérente aux parties dissoutes, et celles-ci réagissent les unes sur les autres. Elles ont, en outre, des connexions multiples avec le dissolvant. La présence d'ions libres augmente encore la concentration de ces molécules électriquement indifférentes. Mais les connexions entre les parties dissoutes et celles de ces parties avec le dissolvant devenant de plus en plus intimes, on verra apparaître le stade de la viscosité.

La seconde proposition de Schroen n'a pas moins de valeur. La voici : la formation des cristaux est précédée d'un stade lié à une structure matérielle définie. Il a montré aussi le rôle des pétroblastes dans la cristallisation des roches plutoniques, ainsi que le mode d'accroissement des cristaux par intussusception.

Rappelant les expériences de Harting, Traube et Leduc, Benedikt croit pouvoir en retirer un fait fondamental, c'est que les colloïdes sont incapables de former des tissus par eux-mêmes. Il en est de même des substances azotées et organiques renfermant du soufre, c'est-à-dire des substances albuminoïdes et aussi des substances azotées et organiques renfermant du phosphore, c'est-à-dire les nucléines. Il en conclut que, dans la formation des tissus, ces corps, bien qu'ayant une importance fondamentale, ont besoin de puiser la force qui donne leurs formes à ces substances dans les cristalloïdes des substances minérales, et particulièrement dans les sels. Cette force agit lors des précipitations et pendant la cristallisation. Ce serait donc une erreur de croire qu'un flocon informe de substance albuminoïde est la source unique du protoplasma. Par ailleurs, la formation des corps organiques, des substances albuminoïdes, des nucléines, des colloïdes et des hydrates de carbone colloïdes a certainement précédé la formation du protoplasma. Autrement dit, les dispositions histologiques étaient prises avant l'apparition du monde vivant proprement dit.

En réalité, pour comprendre le développement des substances organiques, il faut accepter que les cristalloïdes ont dû jouer un rôle catalytique et synthétique. Ajoutée à des énergies diverses, leur action a pu produire successivement tous les degrés de connexion entre les atomes des corps simples formant les substances organiques. Leur cohésion ressemble ainsi à celle des alliages ou des combinaisons chimiques.

Les patientes recherches des savants sur la science toute moderne de la physico-chimie et de la chimie physiologique, les expériences physiques sur les colloïdes permettent, suivant l'expression de Benedikt, de jeter un coup d'œil inespéré sur les processus vitaux. On sait que les molécules des hydrates de carbone ont un noyau chimique, et que ces molécules donnent des chaînes latérales facilement dé-

composables. Mais la cellule vivante a également la faculté d'isoler une partie de sa substance, et cette partie ainsi isolée constitue la preuve de l'existence d'une fonction cellulaire donnant naissance à des produits spécifiques divers. En se dissociant, ces épaves cellulaires, comme les nomme Benedikt, transforment leurs énergies latentes, produisant ainsi du travail. Comment ces épaves spécifiques se forment-elles ? Ehrlich admet que les cellules vivantes émettent des substances et détachent de leur corps des parcelles destinées à lier chimiquement certains corps qu'elles ont mission de rendre inoffensifs. Ehrlich les appelle pour cette raison chaînes latérales, évidemment pour rappeler leur rôle fixateur. Ce parallélisme n'a pas manqué de frapper Benedikt, qui croit pouvoir en conclure à une origine commune.

A la suite de ses observations précédentes, Benedikt croit enfin pouvoir nous représenter la genèse d'une cellule, et il s'exprime ainsi : « Dans une solution de plusieurs sels, solution renfermant donc des ions libres et contenant du soufre, ou du phosphore et du soufre, des acides et des bases, dans cette solution, dis-je, il s'est formé un grand nombre de composés organiques azotés.

» Quelques-uns de ces composés renferment du soufre, d'autres du soufre et du phosphore. Dans cette solution se formèrent encore des hydrates de carbone colloïdes ou cristalloïdes. Tous ces corps organiques avaient la forme de parcelles ténues ; elles étaient séparées les unes des autres, et la plupart étaient entourées d'une membrane nucléaire et cellulaire. Aucune de ces substances, prise isolément, ne possède les propriétés particulières à la vie. C'est le mélange de ces substances, y compris les solutions de cristalloïdes, qui jouit des propriétés vitales. »

A lire ces lignes, on pourrait croire que la solution du problème concernant l'origine de la vie est enfin trouvée, et qu'on pourra désormais créer une Amibe avec autant de facilité qu'on fabrique de l'alcool ou du sucre. Mais, malgré l'espoir caressé, Benedikt est bien forcé d'avouer que toutes les synthèses qu'il a réalisées n'ont jamais offert le moindre phénomène vivant, et il ajoute, non sans une certaine mélancolie : « Nous n'avons aucun espoir de reproduire ces faits artificiellement, et, par conséquent, de reproduire des êtres vivants. Nous ne saurions créer un homunculus ou même une cellule vivante et capable de se reproduire. Savoir ne signifie pas pouvoir. Or, savoir n'est même pas atteint et ne le sera probablement pas de longtemps. Tout au plus réussissons-nous à former par synthèse quelques corps organiques. »

Toutefois, malgré cet hommage rendu à l'inutilité des efforts tentés pour créer un être vivant, fût-il le plus inférieur des Protozoaires, Benedikt ne désespère pas de voir un jour réaliser son rêve, et il en donne pour preuves les recherches de Leduc, dont nous avons fait plus haut une scrupuleuse critique, et qui donnent, d'après lui, un nouveau relief aux curieuses expériences de Jacques Lœb, par lesquelles le savant embryologiste américain a pu, par des procédés purement physico-chimiques, et sans aucune intervention vitale, féconder et faire fructifier des œufs d'organismes inférieurs et produire ainsi ce que l'on a appelé la parthénogénèse expérimentale.

Du reste, pourquoi ne pourrait-on pas reproduire artificiellement la vie, puisque, d'après le professeur de Vienne, elle n'est qu'une synthèse d'éléments que nous commençons à bien connaître ? Que nous manque-t-il donc pour réaliser au laboratoire ce composé chimique ? Tout simplement se placer dans les conditions de milieu où il s'est d'abord produit, et nul doute que ce milieu ne soit l'eau de mer. Partageant à cet égard les idées de René Quinton, il ajoute : « Le fond des petites mares avec l'eau de mer est certainement le berceau de la vie, le foyer d'incubation des substances organiques et des êtres vivants ; c'est une solution de substances extrêmement nombreuses et variées, dans laquelle des influences diverses, dissolution des sels et des roches, évaporation à la surface, introduction d'eau douce par les rivières et par la pluie, produisent incessamment des différences de concentration, d'où résulte la production des vésicules de Quincke, des cellules de Leduc ; des phénomènes de précipitation solidifient les parois de ces cellules inorganiques, et changent continuellement les conditions de la diffusion entre leur contenu et le milieu extérieur, dont l'action à son tour modifie incessamment ces parois. Les cellules placées à la surface sont le siège d'échanges gazeux avec l'atmosphère, d'où résulte une sorte de respiration. »

Pour Benedikt, le facteur le plus important de la force motrice des organoïdes et des

êtres vivants est la diffusion, que celle-ci soit simple ou qu'elle se présente sous forme d'osmose. Or, dans des émulsions de solutions aussi compliquées que l'eau des mers, les actions morphogéniques résulteront non seulement de la diffusion entre elles des solutions d'une même substance à différents degrés de concentration, mais encore de la diffusion les unes dans les autres de solutions de substances diverses. Voilà pourquoi, dans toutes les mers, depuis leur origine, a régné une prodigieuse activité créatrice et destructive de formes éphémères, qui, pareilles à un tourbillon, apparaissent et disparaissent. Mais toutes ces considérations sur les phénomènes de la diffusion, bien faites, assurément, pour tenter l'investigation d'un physicien ou d'un chimiste, nous permettront-elles de conclure à la création par les seules forces naturelles du plus inférieur des Protozoaires? Laissons à Benedikt lui-même le soin de répondre à notre question, et contentons-nous, pour cela, de reproduire la phrase déjà citée plus haut : « Nous n'avons aucun espoir de produire des êtres vivants. Nous ne saurions créer un homunculus ou même une cellule vivante et capable de se reproduire. »

Certes, par des associations chimiques convenablement choisies, on a obtenu des formes multiples de tissus : cellules ganglionnaires, tissu nerveux, cellules musculaires, épithéliales, prolongements filiformes, etc. On trouve même les formes des êtres inférieurs : Amibes, Radiolaires, Diatomées, Flagellés, Infusoires, Rotifères, Vers parasites, etc.; mais à toutes ces formes il manquera toujours ce que les synthèses chimiques n'ont pu donner jusqu'ici, c'est-à-dire le phénomène de la vie.

IX. — L'origine de la vie d'après Krafft.

Pour la plupart des auteurs précédents dont nous avons analysé les travaux, il semble bien que l'élément primordial de la vie est la cellule, dont ils ont essayé tout d'abord de comprendre la structure. A cet effet, ils ont commencé par la décomposer en ses éléments primitifs, et ont ensuite tenté de les grouper à nouveau, pour en opérer la synthèse. Mais aucun n'a songé à attribuer des propriétés vitales à tous ces corps simples pris isolément. En d'autres termes, la vie résultait pour eux du rapprochement d'un certain nombre de substances inertes convenablement groupées. Telle n'est pas l'opinion du Dr Krafft de Territet. Pour lui, il n'y a pas, dans la nature, un règne animal, un règne végétal et un règne minéral, et quiconque est au courant des idées nouvelles, et surtout des faits nouveaux rassemblés par la science dans ces dernières années, doit s'empresser de détruire cette idée de trilogie naturelle. Il insiste sur l'absence de frontières précises entre les plantes, les animaux et les minéraux, et laisse entrevoir que la matière est vivante, toujours vivante, quelle que soit sa forme. « Pour ce qui est de la matière vivante, dit-il, il nous plaît infiniment de savoir aujourd'hui qu'elle est constante, générale, perpétuelle et universelle, et non point l'apanage momentané et fugitif des plantes et des animaux. »

A l'appui d'une telle manière de voir, Krafft se plaît à invoquer le témoignage d'un certain nombre de philosophes ou de poètes à qui personne n'accordera une bien haute autorité dans des questions d'ordre exclusivement scientifique. Voici d'abord les philosophes de l'antiquité. Ne se doutaient-ils pas un peu de l'universalité de la vie lorsqu'ils parlaient du macrocosme? Est-ce que Thalès de Milet, qui vivait six cents ans avant Jésus-Christ, ne nous a pas laissé cette phrase mémorable, que l'on cite au début de tous les cours d'électricité : « Lorsque le frottement a donné à l'ambre la chaleur et la vie, il attire les brins de paille comme l'aimant attire le fer. » Et beaucoup plus tard, en 1600, l'astronome Képler ne considérait-il pas notre planète comme un énorme animal qui respirait par le flux et le reflux de l'Océan!

Enfin, après le témoignage sans autorité des philosophes, nous trouvons les rêveries des poètes, dont l'imagination anime toutes choses, et qui auraient été les précurseurs inconscients des savants modernes :

Tout parle. Ecoute bien. — C'est que vents, onde, flammes.
Arbres, roseaux, rochers, tout vit. Tout est plein d'âmes.

De pareils arguments ne sont que des conceptions plus ou moins vagues de l'esprit, et on avouera sans peine qu'il y a tout un abîme entre ces fictions et la solution du grave problème de l'origine de la vie.

Il n'y a donc pas, d'après Krafft, de matière morte, et, pour lui, toute matière est vivante. A l'inverse des biologistes, qui acceptent que la cellule, manifestation la plus simple de la

vie, est formée d'éléments chimiques inertes, pris isolément, il lui paraît enfantin de considérer exclusivement comme vivant ce qu'il y a de plus fragile et de plus fugitif dans la nature. « Bien plus, dit-il, tout organisme dit vivant, procédant infailliblement de la matière minérale, n'est-ce pas absurde de prétendre que cette matière minérale est morte, comme si la mort pouvait engendrer la vie! »

Mais ce qu'il faudrait tout d'abord, c'est arriver à mettre en évidence les véritables caractères de la matière vivante, et rechercher ensuite ces mêmes caractères dans la matière qualifiée de brute.

Pour Krafft, les principaux caractères que présente ce qu'on est convenu d'appeler l'être vivant sont au nombre de quatre: une certaine unité de composition chimique, des propriétés évolutives très remarquables, la reproduction et la faculté de cicatriser ses blessures. Or, ces caractères ne se retrouvent-ils pas également dans la matière minérale? On pourrait objecter que la matière vivante présente un ensemble d'autres caractères très spéciaux et bien plus significatifs, mais que Krafft feint d'oublier: tel, par exemple, celui de l'assimilation et de la désassimilation.

Acceptons même les caractères qu'il attribue à l'être vivant. Il sera facile d'établir qu'ils s'appliquent fort mal à la matière brute.

L'unité de composition chimique s'applique au protoplasma, dont l'une des propriétés essentielles est de réaliser des échanges avec le milieu extérieur. Or, que voit-on chez le minéral? Placé dans un milieu convenable, il peut accroître sa masse par l'addition de certaines particules, mais jamais il ne rejettera au dehors les déchets résultant de son activité.

Parlant ensuite des propriétés évolutives des êtres vivants, Krafft essaye d'établir que c'est à tort qu'on leur prête ces propriétés: « On assure, dit-il, que les êtres vivants naissent, vivent et meurent, et l'on entend bien, par là, les distinguer de la matière minérale. Or, cela est faux, car nous ne voyons jamais le début, la véritable naissance d'un être vivant, mais seulement sa continuation. » En réalité, le terme naissance n'a nullement ici la signification de génération spontanée, car nous avons établi plus haut que la génération spontanée ne reposait que sur des hypothèses sans fondement; mais quand nous disons que les êtres vivants naissent, il s'agit de leur apparition à un stade très rudimentaire, provoquée soit par les procédés de division d'une cellule préexistante, soit par le concours de deux cellules qui fusionnent leurs éléments reproducteurs. Les deux autres phases de la vie et de la mort sont trop nettement établies pour qu'il soit nécessaire d'y insister. Mais, ce qu'on ne peut accepter, c'est l'assimilation que fait Krafft entre les différents stades parcourus par les astres et ceux des êtres vivants. « Il est faux, dit-il, de considérer comme inertes et immuables les corps bruts. Il est établi, en effet, que les astres n'ont pas toujours existé; ils sont venus au monde une fois, comme chacun de nous. Ils ont une période de formation, une période de déclin, de vieillesse et d'extinction. » La formation des astres, que nous connaissons du reste fort mal, mais dont l'analyse spectrale commence à nous révéler les éléments constitutifs, est soumise à des lois physico-chimiques de même nature que celles qui règlent l'arc électrique jaillissant entre deux charbons, son intensité et sa disparition.

Krafft aborde ensuite le fait de la reproduction, qui est bien le caractère exclusif de la matière vivante. Le Métazoaire se reproduit par le fusionnement de deux cellules génératrices, et, en ce qui concerne les organismes inférieurs, on a décrit à leur sujet un double phénomène de multiplication: l'amitose et la karyokinèse. Si, quittant le règne animal, nous observons les végétaux, nous constatons, en effet, que la plante élevée en organisation produit une fleur, un fruit et une graine, qui, finalement, reproduira une nouvelle plante. Or, a-t-on jamais vu un minéral ou un cristal se reproduire ainsi?

Mais l'être vivant ne se borne pas à se constituer; il se défend lui-même contre la destruction. La plante et l'animal cicatrisent leurs blessures, grâce à l'apport d'éléments réparateurs distribués par le fluide nourricier, baignant chacune de nos cellules. Ne voit-on pas parfois un phénomène analogue chez les cristaux? Et Krafft rappelle que Louis Pasteur d'abord, puis Gernez et Rauber ont montré des cristaux brisés se réparant au sein d'une solution mère. Mais qui ne saisit la différence profonde des deux procédés? L'être vivant absorbe d'abord les éléments réparateurs auxquels il fait subir une transformation complète, puis, par un système de canaux savamment disposés, les amène enfin dans la région

traumatisée. Rien de pareil chez le cristal, qui se contente de fixer sur sa partie brisée ou déformée les particules cristallines préexistant dans la solution où il baigne. Gernez, du reste, a montré le processus de cette réparation; à la surface blessée, le cristal devient moins soluble que sur les autres faces; la croissance y est donc forcément plus rapide. L'eau mère devient sursaturée pour cette partie avant de l'être par rapport aux autres.

Comme nous l'avons annoncé plus haut, nous pourrions encore indiquer des caractères plus nettement différenciés entre les êtres vivants et les minéraux, et tout particulièrement les phénomènes d'assimilation et de désassimilation, offrant, chez les premiers, une complexité très grande, alors que rien de pareil n'existe chez les seconds. Mais les observations faites précédemment nous paraissent suffisamment rigoureuses pour pouvoir en retirer la conclusion que le phénomène de la vie n'est pas le privilège de la matière, qui, par elle-même, est toujours inerte.

CHAPITRE IV

Les fécondations artificielles.

I. — Ovule et spermatozoïde.

Dans le domaine des sciences biologiques, l'un des phénomènes les plus intéressants et les plus aptes à manifester l'activité cellulaire est, assurément, la fécondation. On sait que le point de départ du développement de tout animal est un élément cellulaire nommé ovule, issu de la femelle, et que l'union de cet ovule avec un élément cellulaire fourni par le mâle, et nommé spermatozoïde, est nécessaire — sauf toutefois quelques exceptions — pour que l'être puisse arriver à son complet développement.

Ces notions sont relativement récentes, car ce n'est qu'en 1843 que Barry observa pour la première fois cette pénétration du spermatozoïde dans l'ovule. Mais aujourd'hui, l'union de ces deux éléments cellulaires ne peut plus être mise en doute. C'est là un fait fondamental, confirmé par les observations de tous les biologistes, et qui a permis d'utiles remarques.

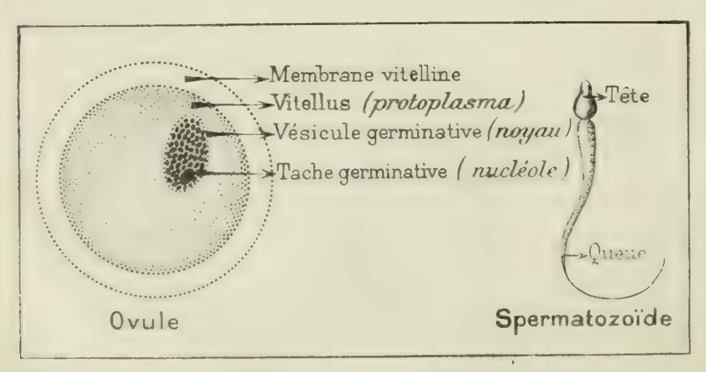
Cette pénétration du spermatozoïde dans l'ovule semble produire un double effet, que nous nommerons « une action stimulante et une action spécifique ou élective ».

Grâce à l'action stimulante du spermatozoïde, l'ovule commence à se cloisonner et présente une série de segmentations qui le transformeront en embryon, en passant par trois stades que les embryologistes ont désignés sous les noms de morula, — blastula, — gastrula.

On assiste d'abord à la fusion du noyau du spermatozoïde et de l'ovule; il en résulte un noyau unique ou noyau de segmentation. Celui-ci se partage ensuite, après une courte période de repos, en deux moitiés égales, constituant deux nouveaux centres qui préparent la division de l'œuf tout entier en deux. Tel est le premier stade de la segmentation, et comme le deuxième stade, et ceux qui lui succèdent, reproduisent identiquement la même série de phénomènes, il en résulte une division en 4, 8, 16, 32, etc., sphères de plus en plus petites, possédant chacune un noyau. Bref, l'œuf primordial, correspondant à une cellule unique, est devenu un amas de cellules qui serviront de matériaux pour la formation du futur animal. Cette phase du développement de l'œuf a été désignée, à cause de la ressemblance avec une mûre, sous le nom de morula.

La morula se creuse d'une cavité centrale remplie de liquide, et se transforme en vésicule blastodermique ou blastula. Quant à la couche de cellules périphériques qui forme la paroi de la cavité centrale, elle porte le nom de blastoderme.

Mais bientôt apparaît un troisième stade ou gastrula, qui dérive de la blastula par invagination de la moitié de la paroi de cette



dernière, de façon à constituer un sac à double paroi : la paroi externe ou ectoderme, et la paroi interne ou entoderme. Telle est l'origine des deux feuillets épithéliaux primaires, au milieu desquels ne tardera pas à apparaître un troisième feuillet ou mésoderme, de formation secondaire phylogénétiquement plus récente que les deux autres, et désormais seront constitués les trois feuillets blastodermiques, dont le rôle est si important en embryologie.

Mais si les trois stades que nous venons de décrire, et par lesquels passent tous les œufs des Vertébrés, sont provoqués par l'action stimulante du spermatozoïde, c'est à la suite d'une action d'un autre ordre, action que nous avons nommée élective ou spécifique, que l'animal qui se formera présentera des caractères qui rappelleront le côté paternel, et des caractères qui rappelleront le côté maternel. C'est l'ensemble de ces caractères qui constituera l'hérédité.

Mais une question se pose tout d'abord. Est-il vrai que, sauf les cas de parthénogénèse, la condition nécessaire du développement de l'ovule soit la pénétration d'un spermatozoïde dans sa masse ? Pour essayer de résoudre cet important problème, il fallait rechercher tout d'abord si certains agents physiques ou chimiques, ou même mécaniques, ne provoqueraient pas au moins les premiers stades du développement de l'ovule.

C'est surtout à J. Lœb que revient le mérite d'avoir entrepris un ensemble de recherches méthodiques sur la question, et nous pensons être utile aux embryologistes en donnant ici un court résumé de ses observations et de celles qu'elles ont provoquées.

Notons d'abord que l'ovule, abandonné à lui-même, et privé du concours de tout stimulant, ne présente jamais la moindre trace de développement ultérieur connu, et jusqu'à ces derniers temps, le seul stimulant vraiment efficace était le spermatozoïde. Aussi, quel ne fut pas l'étonnement de Tichomiroff, en 1886, lorsqu'il crut observer que des œufs non fécondés de Ver à soie pouvaient être amenés à se développer si on les frottait avec un pinceau, ou si on les plongeait quelque temps dans de l'acide sulfurique concentré. Toutefois, cette observation perd de son importance si on remarque avec Nussbaum qu'un certain nombre d'œufs de cette espèce peut se développer parthénogénétiquement.

En réalité, pour se rendre compte si le développement de l'œuf, consécutif à la fécondation par le spermatozoïde, pouvait être reproduit artificiellement, il fallait tout d'abord choisir des ovules ne se développant jamais parthénogénétiquement, et, à cet égard, Richard Hertwig fit porter son choix sur des œufs d'Oursin. En faisant passer des œufs d'Oursin non fécondés dans une solution à 0,1 pour 100 de sulfate de strychnine, et qu'ensuite on les reporte dans l'eau de mer, on voit apparaître des figures de karyokinèse, et on assiste à un commencement de segmentation.

A son tour, Morgan, s'inspirant des remarques déjà faites par Lœb sur l'action de l'eau de mer hypertonique, transporte des œufs d'Oursin non fécondés dans de l'eau de mer dont on a élevé la concentration, puis les replace dans de l'eau de mer normale. Comme R. Hertwig, il observe des figures de karyokinèse et des phénomènes de segmentation. Mais (et c'est là un point important à retenir) ces segmentations n'arrivaient qu'à la production d'une masse de petites cellules qui ne tardaient pas à dégénérer. Jamais il n'avait pu constater la formation d'un embryon.

Les expériences de Lœb, mieux conduites, donnèrent des résultats plus intéressants. Il observe d'abord qu'il est possible d'obtenir des larves normales avec des œufs non fécondés d'un Oursin du genre Arbacia, chez lequel il n'a jamais constaté de phénomènes de parthénogénèse. Il suffit, pour cela, de laisser les œufs non fécondés de cet Oursin pendant deux heures environ dans l'eau de mer dont on a auparavant obtenu une concentration de 40 à 50 pour 100, au moyen de substances diverses (chlorure de potassium, de sodium, du sucre, de l'urée, etc.).

Mais au cours de ces manipulations, on constate un double fait que Lœb s'est contenté de signaler, et qui, mieux étudié, pourrait bien peut-être expliquer ce singulier phénomène de la fécondation artificielle. Quand les œufs non fécondés viennent d'être mis dans l'eau de mer hypertonique, ils perdent de l'eau et se contractent. Quand, au contraire, on les remet dans l'eau de mer normale, ils reprennent de l'eau. Lequel de ces deux phénomènes faut-il considérer comme condition essentielle du développement ? L'expérience montre que le premier, seul, paraît essentiel.

Si, en effet, on met des œufs non fécondés dans de l'eau de mer dont la concentration n'est pas supérieure à 40 pour 100, quelques-uns se développent et donnent des larves qui nagent, sans qu'on ait besoin de les retirer de l'eau de mer hypertonique.

Lœb a répété avec des œufs de Strongylocentrotus les expériences précédentes, et il a vu également apparaître au bout d'un jour ou deux des larves qui nageaient; seulement ces larves se sont toutes présentées à des stades très inférieurs, et aucune n'a dépassé le stade blastula.

Ajoutons que jamais Lœb n'a réussi à obtenir la moindre trace de segmentation en traitant les œufs non fécondés par l'eau de mer diluée ou par l'eau distillée.

Si, maintenant, on compare les résultats précédents à ceux obtenus par l'action fécondante du spermatozoïde, on obtient un ensemble de différences que Lœb lui-même n'a pas manqué de signaler.

Ainsi, quand un spermatozoïde pénètre dans un ovule d'Oursin, il se forme tout d'abord une membrane caractéristique. On voit, en effet, immédiatement au-dessous de la surface de l'ovule de petites vésicules qui se réunissent et séparent du reste de l'œuf une lamelle superficielle à aspect de membrane. Cette formation n'a pas lieu chez les œufs non fécondés qu'on plonge dans l'eau de mer hypertonique.

En second lieu, le développement des œufs parthénogénétiques est beaucoup plus lent que celui des œufs fécondés par l'action du spermatozoïde.

En troisième lieu, les larves qui proviennent d'œufs fécondés nagent à la surface de l'eau, alors que les larves obtenues par l'eau de mer hypertonique nagent au fond du vase.

Enfin, il y a une différence considérable en ce qui concerne les œufs qui se développent. Ceux traités par l'eau de mer ne présentent de développement que dans la proportion de 1 à 20 pour 100, alors que les œufs réellement fécondés se développent presque tous.

Nullement découragé par ces dernières constatations, Lœb cherche alors à varier ses expériences, et il place des œufs de Strongylocentrotus dans une solution composée de 50 centimètres cubes d'eau de mer, 3 centimètres cubes d'acide formique ou d'un autre acide de la série grasse $\frac{N}{10}$; il n'observe pas de modifications dans cette solution. Mais en ne les laissant qu'une minute et en les reportant ensuite rapidement dans l'eau de mer normale, il assiste à la formation de membranes comparables à celles des œufs fécondés. Toutefois, le développement s'arrête en cours de route. Au bout d'une heure ou deux, il se forme bien des astrosphères; mais, en moins de vingt-quatre heures, ils périssent. Il a alors l'idée de reprendre ces œufs cinq ou dix minutes après la formation de la membrane, et de les transporter dans de l'eau de mer hypertonique. Il les y laisse de vingt à quarante-cinq minutes à une température de 18°, et il voit alors se produire des phénomènes de segmentation chez presque tous. Certains même ont un développement rapide et se transforment en larves normales nageant à la surface de l'eau.

Depuis la publication des travaux de Lœb, toute une série de nouvelles recherches a été entreprise. Ne pouvant toutes les mentionner, contentons-nous de citer celles de Neilson, relatives à l'augmentation du nombre des larves d'Asterias, en traitant les œufs pendant environ dix minutes par de l'eau de mer acidulée; — celles de Delage, établissant que le traitement des œufs d'Asterias par de l'eau de mer saturée de CO^2 produit un nombre très élevé de larves parthénogénétiques; — celles enfin de Bataillon, sur les ovules non fécondés de Grenouille et de Petromyzon, et qui ne lui ont jamais donné que le stade morula.

En résumé, il est permis d'obtenir, au moins pour les animaux inférieurs, des phénomènes de segmentation de leur ovule, sans que celui-ci subisse l'action du spermatozoïde; mais le développement s'arrête aux premiers stades, et il est peu probable qu'un tel procédé de fécondation arrive jamais à donner des embryons qui parviennent à l'état adulte.

II. — Objections contre l'idée de la création.

Les faits que nous venons d'exposer, et dont l'explication ultime nous échappe, n'ont pas tardé à quitter le domaine du terrain scientifique qui seul leur convenait et ont été transportés avec quelque fracas sur le terrain religieux. Les hétérogénistes ont cru retrouver dans les travaux de Lœb de nouveaux arguments contre le dogme de la création, et, un

peu inconsidérément peut-être, ils sont repartis en campagne, espérant bien rallier à eux tous les suffrages.

Ecoutons plutôt leur raisonnement. Le protoplasma est la base physique de la vie, et ce qu'on désigne habituellement par phénomènes vitaux n'est autre chose qu'un ensemble de réactions physico-chimiques qui ont eu leurs premières manifestations au fond des mers anciennes, contemporaines des formations géologiques auxquelles nous attribuons les roches primitives ou les stratifications les plus inférieures du primaire. Actuellement, au fond des Océans, des phénomènes vitaux de ce genre doivent encore se produire, quoique cependant avec une intensité moindre, par suite des différences considérables qui séparent les mers d'aujourd'hui de celles des premiers temps géologiques.

La reproduction de ces réactions physico-chimiques a d'autant plus tenté l'homme, que ses progrès dans les sciences expérimentales ont été plus surprenants, et qu'il espérait bien être le premier à profiter de semblables découvertes. Aussi s'est-il appliqué à retrouver au laboratoire les manifestations vitales les plus élémentaires dont les Océans de jadis furent les premiers témoins. De là sont nées toutes ces tentatives dont nous avons exposé les résultats dans les chapitres II et III de notre travail. Mais les critiques qu'elles ont suscitées en avaient considérablement amoindri la portée, lorsque les recherches de Lœb parurent de nouveau attirer sur elles l'attention de certains biologistes et faire renaître, en faveur de l'hypothèse de l'hétérogénie, quelques vagues sentiments de sympathie et d'espérance.

Pourquoi ne pas accepter, disent-ils, que la vie n'est rien autre qu'un ensemble de réactions physico-chimiques, puisque l'une des manifestations vitales les plus caractéristiques et aussi les plus élevées, c'est-à-dire l'acte de la fécondation est obtenue aujourd'hui par une simple manipulation de laboratoire? Qu'ont fait, en effet, Tichomiroff, R. Hertwig, Morgan, Lœb, Delage, Bataillon et tant d'autres? En soumettant des ovules à des influences tantôt mécaniques, tantôt physiques et tantôt chimiques, ils ont obtenu des phénomènes de développement tels qu'on peut les observer après une fécondation naturelle, c'est-à-dire quand le noyau du spermatozoïde s'est fusionné avec le noyau de l'ovule. Le résultat obtenu n'est d'ailleurs pas un phénomène passager et fortuit; comme tout résultat définitivement acquis à la science, il peut être reproduit, à tel moment voulu, par des procédés que les auteurs ont fait connaître, et qu'il suffit de répéter pour obtenir des faits semblables. Dès lors, quelle nécessité de faire intervenir une intelligence supérieure pour faire apparaître la vie, alors qu'il serait si facile de s'en passer? En outre, quelle nécessité de déranger chaque fois cet être supérieur pour constituer le règne végétal et le règne animal avec tous leurs genres et toutes leurs espèces? Ne suffirait-il pas qu'il eût simplement semé quelque poussière cosmique d'où serait sorti tout le reste? Pour Raphaël Dubois, le doute n'est même plus permis. « En effet, dit-il, quelle merveilleuse et grandiose harmonie apparaîtrait dans la nature si, après avoir abattu les barrières élevées jadis entre le règne animal et le règne végétal, on venait à jeter un pont solide entre ce dernier et le règne minéral, unissant ainsi, dans une admirable synthèse philosophique, l'animé à l'inanimé, la substance organique et vivante à ce qu'on appelle encore aujourd'hui avec mépris la matière brute. Mais, grâce aux découvertes récentes, nous pouvons dire désormais que la thèse admettant que les formes élémentaires des tissus vivants naissent et peuvent être produits sans l'intervention de ce qu'on a appelé les forces vitales, est absolument sûre. »

Quant aux biologistes, qui inclinent à croire que la vie naquit un jour au fond des mers, et dont René Quinton paraît être aujourd'hui le représentant le plus autorisé, ils ne manquent pas de s'appuyer sur les recherches de Lœb, pour soutenir que, si le savant Américain a pu obtenir des résultats si surprenants, c'est que l'ensemble des éléments nécessaires à toute manifestation vitale réside dans l'eau des Océans, et qu'il suffit d'invoquer la loi des affinités chimiques pour en expliquer la synthèse. Par ailleurs, le protoplasma exigeant, pour jouir de ses propriétés vitales, une proportion considérable d'eau (75 pour 100 environ), tout habitat non aquatique est impossible à une masse aussi minime que la cellule dont l'eau de constitution, dans un milieu sec, serait sur-le-champ évaporée. La condition aquatique étant donc essentielle à la cellule, par ce fait, l'origine de la vie animale est nécessairement aquatique, et, pour expliquer son apparition, il n'est nullement besoin de faire intervenir un acte créateur.

III. — Réponse a ces objections.

Nous ne reproduirons pas les arguments que l'on peut opposer aux assertions des biologistes qui prétendent que, dans les temps anciens, et sans le secours d'un acte créateur, la vie a apparu au fond des mers. Ces arguments ont été exposés quand nous avons traité la question du *Bathybius* et des Protistes d'Hæckel, et, pour éviter d'inutiles répétitions, nous préférons renvoyer le lecteur aux différents paragraphes où ces questions ont été exposées.

Pour l'instant, nous nous proposons seulement de mettre en lumière que les expériences de Lœb, si intéressantes soient-elles, n'ont nullement solutionné le problème de l'origine de la vie. Nous essayerons ensuite d'établir la signification véritable de ces expériences.

Dans ses recherches, Lœb a eu surtout pour mobile de démontrer que les idées relatives au phénomène de la fécondation devaient être modifiées, et que la pénétration d'un spermatozoïde dans l'ovule n'était pas absolument nécessaire, au moins pour provoquer le développement initial des êtres étudiés. Du reste, de nombreux faits de ce genre avaient déjà été signalés, et tout le monde connaît des phénomènes de parthénogénèse chez les Abeilles et chez les Pucerons. Mais le mérite de Lœb est d'avoir obtenu des fécondations artificielles d'ovules à qui on ne connaît pas de développement parthénogénétique. Loin donc de faire apparaître le phénomène de la vie, il la suppose, au contraire, existant déjà dans l'ovule.

Bien autrement intéressantes eussent été les expériences de Lœb, s'il était arrivé à provoquer dans son eau de mer hypertonique la formation du plus petit ovule qui n'est autre, en réalité, qu'une cellule dans laquelle le protoplasma est remplacé par le vitellus et le noyau par la vésicule germinative.

Mais le mystère de la vie de la cellule a opposé à Lœb une barrière infranchissable, et sa reproduction artificielle n'a même pas tenté son habileté. C'est par elle, cependant, qu'il aurait fallu essayer d'obtenir la première manifestation vitale. Car, qui ne sait que l'élément ancestral de tout organisme est une cellule ? La cellule est une réserve d'énergies qui, pour se manifester, ont besoin de stimulants tantôt physiques, tantôt physiologiques ou chimiques; mais, s'il est assez probable qu'il y a pour chaque catégorie d'énergies un stimulant optima qui en provoque la manifestation, il n'est pas téméraire d'admettre que, parfois, un autre stimulant peut le suppléer, produisant dans ce cas un résultat moins sensible. Ainsi, pourquoi ne pas admettre que le stimulant optima ou, si on le veut, normal de l'ovule est le spermatozoïde d'un individu de même espèce, qui amènera la transformation de l'ovule en œuf, de l'œuf en embryon et de l'embryon en animal adulte ?

A côté de ce stimulant physiologique, nous accepterions volontiers la conception d'un stimulant physico-chimique, qui, n'étant pas le stimulant optima, n'amènerait alors l'ovule qu'à se transformer en œuf, et celui-ci en stades tout à fait inférieurs.

Mais résumons plutôt les explications que Lœb essaye de donner de l'ensemble de ces phénomènes. Pour comprendre en quoi consiste essentiellement la fécondation, le savant Américain engage le lecteur à se reporter aux processus de la division cellulaire. D'après lui, la division se produit lorsque la masse de la substance chromatique du noyau a cessé d'être dans un rapport convenable avec celle du protoplasma (ou des substances de réserve qu'il contient). Chez les organismes en voie de croissance, l'incorporation d'une partie des substances alimentaires a pour conséquence de faire varier constamment la valeur de ce rapport. On peut admettre que, chez l'ovule, il existe une disproportion initiale entre le protoplasma et le noyau, mais que cependant la division ne se produit que lorsque l'action du spermatozoïde a mis en train ou accéléré la synthèse de la chromatine aux dépens du protoplasma.

Lœb a, en outre, observé que l'oxygène de l'air est absolument nécessaire pour la segmentation des œufs des Echinodermes, et peut-être pour celle de tous les œufs. Au contraire, l'oxygène a une action toxique sur l'œuf d'Etoile de mer mûr, et qui ne se développe pas. Il semble résulter de là que l'oxygène, qui est nécessaire aux œufs qui se développent — probablement pour la synthèse de la chromatine, — détermine la production de substances toxiques chez les œufs qui ne se développent pas. En d'autres termes, l'oxygène paraît déterminer des phénomènes chimiques différents, suivant qu'il s'agit d'œufs fécondés ou non.

« En conséquence, déclare Lœb, nous sommes portés à envisager l'action chimique du spermatozoïde sur l'ovule, et en particulier la mise en train de la synthèse de la chromatine comme constituant la partie essentielle du phénomène de la fécondation. Quant aux processus de la division cellulaire : formation d'astrosphères, division du noyau, etc., ce ne sont probablement que des conséquences secondaires de ces processus chimiques. »

Pouvait-on du moins songer à admettre que le spermatozoïde introduit dans l'œuf une sorte de ferment, un catalysateur positif qui aurait pour fonctions de provoquer la synthèse de la chromatine ? Lœb en a eu la pensée, et il a tenté toute une série d'expériences pour obtenir, à l'aide de divers ferments, le développement d'œufs d'Oursin qui n'avaient pas été préalablement fécondés. Aucune, toutefois, ne lui a donné de résultat vraiment favorable à cette hypothèse. Mais la variété des catalysateurs est infinie, et les conclusions de Lœb ne permettent pas d'éliminer à tout jamais une telle hypothèse. Bien mieux, si on s'arrête à l'idée que le spermatozoïde accélère certains processus chimiques de l'ovule, pourquoi ne pas accepter qu'il existe dans l'œuf non fécondé un catalysateur négatif que le spermatozoïde élimine ou rend inactif ? On pourrait comprendre ainsi comment il se fait que le processus de sécrétion qui détermine la formation de la membrane ait tant d'importance pour le développement.

Mais comment interpréter le fait de la parthénogénèse naturelle ? On sait, en effet, que les œufs du Ver à soie, ceux de l'Etoile de mer peuvent se développer sans fécondation. Il en est de même des œufs des Pucerons et d'une partie des œufs des Abeilles. On peut admettre que, dans ces œufs, les processus chimiques qui déterminent la synthèse de la substance chromatique se produisent spontanément, soit que l'ovule contienne ou produise lui-même le catalysateur positif qui, dans la plupart des cas, lui serait apporté par le spermatozoïde ; soit qu'il ne contienne pas le catalysateur négatif qui, dans les œufs non parthénogénétiques, doit être éliminé ou rendu inactif par un spermatozoïde ou par certains procédés physico-chimiques, pour que le développement se produise.

Une série de nouvelles recherches ont permis à Lœb de se rendre compte que la mise en train du développement de l'œuf varie en raison directe de l'accélération des processus d'oxydation. Dès lors, l'action développante de l'eau de mer hypertonique sur l'ovule d'Oursin non fécondé doit consister en une accélération de ces processus d'oxydation. Lœb l'a constaté sur un lot d'ovules non fécondés de Strongylocentrotus. Leur développement ne peut être obtenu qu'autant que l'eau de mer contient de l'oxygène libre. Mais si on chasse tout l'oxygène de cette eau de mer hypertonique, pas un de ces œufs ne se développe.

On peut encore se demander quel est le rôle de la membrane qu'on voit se former en soumettant les œufs à l'action d'un acide gras. Lœb pense que la formation artificielle de la membrane suffit pour provoquer dans l'œuf l'accélération des processus d'oxydation, qui est le facteur essentiel de la synthèse de la chromatine, et la condition du développement ultérieur.

En résumé, les expériences de Lœb sur la fécondation artificielle, quelque intérêt qu'elles présentent, ne peuvent être invoquées par les adversaires de toute idée créatrice, et, de ce fait que sans le concours du spermatozoïde on peut obtenir d'un ovule des phénomènes de segmentation et des phénomènes de développement encore bien rudimentaires, il est impossible de conclure que, grâce à certaines réactions physico-chimiques, on peut, à volonté, faire apparaître la vie.

Ces expériences, en effet, supposent tout d'abord un ovule, c'est-à-dire un élément vivant dont l'existence est antérieure. Que, par la suite, cet ovule se prête à une série de transformations, soit par l'action d'un spermatozoïde, soit par une série d'actions physiques ou chimiques, le fait importe peu en ce qui concerne l'apparition de la vie.

CHAPITRE V

La création de la cellule.

I. — Le dogme de la création au regard de la science.

Depuis la découverte de la cellule par Robert Hooke, et depuis qu'on a acquis la certitude que le corps des animaux aussi bien que celui des végétaux était formé d'éléments cellulaires tantôt isolés (Protozoaires) et tantôt multiples (Métazoaires), la question du mode d'apparition de la cellule, base de toute activité vitale,

s'est bien des fois posée. A cela, rien d'étonnant, car la question intéresse à la fois la philosophie et la biologie, la chimie et la physique, la religion et la science, et, suivant la solution de ce grave problème, le plus grave peut-être que l'esprit humain puisse aborder, on tombe ou dans le matérialisme d'Hæckel, ou dans le spiritualisme de Pasteur. Nous rappellerons d'abord les lignes que nous avons écrites dans bien des paragraphes précédents. Quelle que soit la variété des conceptions qui aient pu se produire au sujet de l'origine de la vie, il n'y a, en réalité, que trois modes possibles :

Ou bien la vie a apparu spontanément.

Ou bien elle est le résultat d'affinités chimiques qui se sont produites entre divers corps à l'origine des choses.

Ou bien elle est la conséquence d'une création voulue par une intelligence surnaturelle.

Nous allons discuter chacune de ces hypothèses.

La vie a-t-elle pu apparaître spontanément, même sous la forme de la plus inférieure des cellules ? Nous devons constater tout d'abord qu'aucun biologiste ne s'est arrêté sérieusement à l'idée que la vie aurait pu naître de rien, et l'adage *ex nihilo nihil* s'applique surtout au phénomène de la vie. Qui oserait, en effet, soutenir aujourd'hui que les molécules d'oxygène, d'hydrogène, de carbone, d'azote, de phosphore et de soufre que l'analyse a décelées dans le protoplasma le plus élémentaire ont ainsi apparu sans autre raison que la nécessité de leur présence pour les besoins de la thèse de la génération spontanée ? Non, même pour les hétérogénistes les plus convaincus, la vie n'a pas ainsi apparu sans qu'eussent auparavant existé les éléments nécessaires à la constitution de la cellule. Seulement, ces éléments étant supposés existants, ils n'éprouvent pas la moindre difficulté à admettre que des microorganismes très inférieurs, sans doute, se sont formés spontanément dans l'air, dans l'eau, ou même dans des milieux solides. Or, que faut-il penser de l'hypothèse de la génération spontanée ? Nous avons déjà démontré qu'elle ne constituait qu'une illusion, et qu'elle devait être rayée désormais du domaine de la science.

Mais s'il est définitivement acquis que la cellule n'a pu apparaître spontanément, demandons-nous si elle ne s'est pas plutôt formée progressivement, grâce à certaines affinités chimiques qui en auraient groupé les éléments constitutifs. Cette seconde hypothèse est celle d'un certain nombre de biologistes actuels qui, s'arrogeant le droit de parler au nom de la science, ont cru devoir rejeter le dogme de la création et le remplacer par une série d'énergies physico-chimiques, grâce auxquelles s'est tout d'abord constitué un protoplasma plus ou moins informe, au milieu duquel n'ont pas tardé à apparaître des noyaux.

Une telle manière d'envisager la naissance de la cellule est celle de Hæckel, qui a du moins la loyauté de déclarer qu'en dehors d'une telle conception de l'origine de la vie, il n'y avait plus place que pour une intervention surnaturelle. Du reste, les efforts tentés par Bütschli pour obtenir la synthèse du protoplasma, ou les expériences de Raphaël Dubois, de S. Leduc, de Herrera, etc., pour arriver à produire artificiellement la cellule, n'avaient pas d'autre mobile que le désir de supprimer toute intervention surnaturelle dans le phénomène de l'apparition de la vie.

On devine sans peine les conclusions hardies que Hæckel et tous ses disciples ont essayé de retirer d'une pareille conception de l'origine de la vie. Car, enfin, si la cellule est ainsi obtenue par la mise en œuvre de forces naturelles, il n'y a nul besoin du secours d'une intelligence supérieure pour la réalisation du monde actuel avec sa faune et sa flore si riches et si variées. Cette intelligence supérieure est inutile, et l'évolution suffira amplement pour expliquer le passage du Protozoaire aux Métazoaires les plus élevés en organisation, comme aussi pour comprendre comment des végétaux inférieurs ont pu devenir les majestueux Phanérogames de nos forêts, en passant par les stades plus humbles de Muscinées et de Cryptogames vasculaires. En résumé, on supprimait ainsi toute action créatrice, et jusqu'au nom même du Créateur.

Telle est bien la pensée intime d'un certain nombre de biologistes contemporains; telle est, autrement dit, la thèse de ce qu'on est convenu d'appeler d'un mot très sonore : le matérialisme scientifique.

Malgré la très grande autorité qui s'attache aux promoteurs d'un tel système, malgré la profonde vénération dont nous nous plaisons à entourer ceux d'entre eux qui furent nos maîtres soit à la Faculté des sciences, soit à l'Ecole de médecine, nous ne pouvons laisser passer une affirmation aussi grave sans la discuter, ou tout au moins sans la soumettre

au contrôle d'un examen, même sommaire. Voici donc la question dans toute sa simplicité : Est-il admissible que la vie, autrement dit la cellule, qui en est la réalisation la plus élémentaire, ait pu apparaître dans notre système planétaire sans le secours d'une intervention surnaturelle ? En laissant de côté toute considération théologique et en n'invoquant que des arguments de l'ordre exclusivement scientifique, nous pouvons sûrement conclure que, dans l'état actuel de la science, rien ne nous permet d'accepter une telle manière de voir. Nous sommes, en effet, dans le domaine des sciences expérimentales, et, dans cet ordre d'idées, une hypothèse, si ingénieuse soit-elle, ne devient véritablement une loi s'imposant au jugement et à l'adhésion de tous que le jour où elle a été reconnue vraie par des faits d'expérience largement répétés et soumis au contrôle le plus sévère et le plus scrupuleux. C'est ainsi, par exemple, que l'hypothèse de l'ellipticité des orbites des planètes a permis à Képler de conclure à la proportionnalité des aires et des temps, à celle des temps et des distances. Ce furent ensuite les deux fameuses hypothèses qu'on appelle les analogies de Képler qui, contrôlées avec soin et reconnues vraies, mirent Newton à portée de démontrer que la supposition de l'ellipticité des orbes des planètes s'accorde avec les lois de la mécanique, et d'assigner la proportion des forces qui dirigent les mouvements des corps célestes.

Une telle méthode, la seule acceptable, du reste, pour établir la vérité dans les sciences qui nous occupent, n'a pas échappé aux partisans de la négation d'un acte créateur ; aussi est-ce avec la patience la plus tenace, et quelques-uns même avec l'obstination la plus acharnée, qu'ils ont demandé à la nature de leur livrer le secret de la vie. Après avoir poussé l'analyse de la cellule jusqu'à la plus minutieuse des finesses, secondés en cela par l'histologie la plus habile et la chimie la plus délicate, ils ont essayé d'en faire la synthèse, et aucun effort ne leur a coûté pour obtenir enfin la plus humble des cellules ; mais, jusqu'ici, leurs efforts sont restés impuissants, et la loyauté scientifique nous oblige à déclarer que si, parfois, on a pu obtenir des composés donnant sous le microscope l'illusion d'un élément cellulaire, jamais cet élément n'a présenté le phénomène de la vie, et, jusqu'ici, l'habileté de nos biologistes n'a pu arriver à réaliser le plus inférieur des Protozoaires.

Il nous sera donc permis de retirer ici une première conclusion, c'est que, dans l'état actuel de nos connaissances, aucun fait scientifique ne permet de mettre en doute la création de la cellule.

II. — Éternité de la matière.

Que la vie ait apparu spontanément comme le veulent les hétérogénistes, ou progressivement, comme l'enseignent les matérialistes de l'école d'Hæckel, il n'est jamais venu à l'esprit du philosophe ou du biologiste de ne pas admettre tout d'abord l'existence préalable des éléments constitutifs de ce qu'on est convenu d'appeler la base physique de la vie, c'est-à-dire du protoplasma et aussi du noyau. C'est leur union, en effet, qui réalisa la cellule initiale où, pour la première fois, des phénomènes vitaux durent se manifester sous la forme la plus rudimentaire. En d'autres termes, il n'est personne qui oserait soutenir sérieusement la possibilité d'une apparition de la vie *ex nihilo*.

Acceptons donc que les éléments constitutifs de la cellule existaient tout d'abord avant de pouvoir se rapprocher pour lui donner naissance, et demandons-nous quelle pouvait bien être la raison de leur existence.

Certes, des solutions nombreuses ont été proposées, et on a imaginé pas mal d'hypothèses ; mais, en réalité, il n'y en a que deux possibles :

Ou bien ils ont été créés et représentent ainsi pour nous le résultat d'un acte surnaturel.

Ou bien ils existaient de tout temps, et, dans ce cas, nul besoin d'invoquer un acte créateur pour une matière qui est éternelle.

Examinons tout d'abord cette seconde hypothèse, et demandons-nous s'il est possible d'admettre l'éternité de la matière.

On a souvent invoqué contre l'éternité de la matière un ensemble d'arguments qui, à notre avis, du moins, ne sont pas d'une rigueur absolue, et le fait qu'il répugne à notre esprit d'accepter que le monde, formé d'êtres contingents, aurait pu exister de tout temps, ne nous paraît pas une preuve suffisante. Aussi, préférons-nous recourir à un argument tiré des lois de la physique, et que nous pouvons exposer ainsi.

Si la matière est éternelle, nous ne pouvons

la considérer, au point de vue énergétique, que sous l'une des modalités suivantes : ou bien cette matière était tout d'abord immobile, et a passé ensuite à l'état de mouvement, aspect sous lequel nous la voyons aujourd'hui; ou bien l'état de mouvement était une de ses propriétés essentielles, et avait toujours existé.

Toutefois, avant d'examiner cette double hypothèse, nous devons d'abord déclarer que le terme mouvement n'est pas pris ici dans l'acception étroite, courante aujourd'hui, à savoir d'un simple déplacement local, mais plutôt dans le sens de changement, modification, perfectionnement. En un mot, le mouvement d'autrefois constitue l'évolution d'aujourd'hui.

Cette explication donnée, reprenons la discussion de notre double hypothèse concernant l'état de la matière.

Si elle était tout d'abord immobile, comment a-t-elle pu passer à l'état de mouvement? Il lui a fallu une force placée en dehors d'elle qui soit venue la stimuler; en un mot, il lui a fallu un moteur, car enfin tout mouvement suppose un moteur, et le corps qui va entrer en mouvement, c'est-à-dire acquérir une perfection, est évidemment dépourvu de cette perfection. Par conséquent, ce corps ne saurait se donner à lui-même une perfection qu'il ne possède pas encore, et cela en vertu de cet axiome bien connu : *Omne quod movetur ab alio movetur*. Il nous faut donc conclure que ce changement ou ce mouvement sont manifestement dus à une force étrangère qui n'a pu provenir que d'un être supérieur, de ce que les anciens appelaient *motor immobilis* ou le moteur immobile, laissant entendre par là que ce moteur doit avoir par lui-même sa perfection naturelle, faute de quoi il aurait dû la recevoir d'autrui, et la difficulté serait alors simplement reculée.

Si, au contraire, cette matière était déjà en possession du mouvement, et que, par ailleurs, cette matière, au dire des matérialistes, subît des modifications incessantes sans jamais rentrer dans un néant qu'elle n'a jamais connu, il faudrait, de toute nécessité, que ce mouvement représentât une série circulaire, sorte d'anneau fermé, dont chaque élément serait à la fois antécédent et conséquent, sans qu'il soit nécessaire de supposer un élément premier, c'est-à-dire un antécédent qui ne fût pas conséquent. Mais un pareil mode de raisonner n'est qu'un cercle vicieux, ainsi que l'a démontré Aristote.

En effet, pour plus de simplicité, réduisons à quatre les êtres contingents ou les phénomènes que l'on suppose s'engendrer réciproquement, et soient les êtres A, B, C et D. D'après la conception matérialiste du mouvement dans le monde, A produit B, — B produit C, — C, produit D, — et D doit produire A. Nous pouvons supprimer les intermédiaires B et C, qui ne servent qu'à transmettre les énergies qu'ils ont reçues, et nous en arrivons à cette absurdité, que A est tout à la fois la cause et l'effet de D, c'est-à-dire à la fois antérieur et postérieur à D.

Voici une autre preuve qui n'est peut-être pas à l'abri de toute critique, et que l'on donne couramment dans les traités de philosophie. Si le monde durait de toute éternité, jamais, en remontant de l'instant actuel, nous ne parviendrions à l'instant initial qui, par hypothèse, est situé à l'infini; donc aussi, en descendant de ce point initial, jamais nous ne parviendrions à l'instant actuel, car la distance de B en A est nécessairement la même que celle qui va de A en B. — Or, nous sommes parvenus à l'instant actuel; donc, le monde n'est pas parti de l'infini; en d'autres termes, il n'est pas éternel.

Nous terminerons enfin par l'argument de Clarke. Le monde est composé d'êtres contingents, c'est-à-dire d'êtres qui sont, et qui cependant pourraient ne pas exister. Or, dans l'hypothèse de l'éternité de la matière, ils devraient former une série indéfinie. Mais cette série indéfinie n'a pas en soi la raison suffisante de son existence, puisque, par le fait même qu'ils sont contingents, aucun des êtres qui la composent n'existe par lui-même; elle ne l'a pas davantage en dehors de soi, puisque, par hypothèse, il n'y a rien en dehors d'elle.

Elle est donc sans aucune raison, et, par suite, absolument inconcevable. C'est en vain qu'on supposerait une série infinie d'êtres contingents se produisant les uns les autres. Si aucun des individus de la série n'a en lui-même la raison dernière de son existence, la série ne l'aura pas d'avantage : cinquante aveugles, en effet, ne feront jamais un voyant. Il faut donc chercher cette raison dernière en dehors de la série.

On ne pouvait échapper à la création qu'en admettant soit une série indéfinie d'êtres con-

tingents se conditionnant l'un l'autre, soit une série circulaire d'êtres, dont chacun serait à la fois effet du précédent et cause du suivant. Or, ce sont là deux absurdités manifestes. Il nous paraît par conséquent impossible scientifiquement d'admettre l'éternité de la matière, et, quelles que soient les préférences philosophiques que l'on ait, on ne peut refuser son adhésion au système de la création.

III. — Matérialisme scientifique.

Il y a des traditions respectables nées d'une série d'observations judicieuses dont la justesse a été reconnue et contrôlée par de nombreuses générations qui les ont pieusement léguées aux générations suivantes. Mais il y en a de stupides et d'absurdes, ne reposant sur aucune donnée sérieuse, et qui sont nées au petit bonheur, à la suite d'un caprice ou d'une simple fantaisie. Que faudra-t-il à ces dernières, pour que l'opinion les consacre? Parfois peu de choses, et telles énormités prétendues scientifiques, qui s'impriment et se colportent un peu partout, ne doivent souvent leur vogue qu'à une observation sans contrôle où les idées philosophiques et religieuses ou même le parti pris ont eu une plus large part que l'observation personnelle. Peu à peu, le mot, la phrase ou la sentence entrent dans la mode et reçoivent droit de cité. Les alluvions de plusieurs générations cachent le vice de leur origine et la tradition est créée.

C'est à une tradition de ce genre qu'il faut rapporter un certain nombre d'opinions courantes aujourd'hui, et qui ne résistent pas au moindre examen. Nous en citerons seulement deux que bon nombre d'esprits excellents, mais peu entraînés à la critique des faits, acceptent ainsi passivement, sans se donner la peine de remonter à leur origine et surtout de discerner l'arrière-pensée qui a entouré leur naissance et leur a servi de guide.

Les voici :

Les études médicales conduisent fatalement à l'athéisme.

Les sciences naturelles aboutissent à la conception matérialiste du monde.

Avec loyauté et sans parti pris, voyons l'accueil que tout esprit impartial doit réserver à des déclarations aussi catégoriques.

Observons tout d'abord que ceux qui les ont hasardées comme ceux qui les répètent ou s'en font les propagateurs, non contents de se tenir éloignés de tout idéal religieux, s'en montrent habituellement les adversaires les plus acharnés, se livrant même à la plus active des propagandes pour gagner à leur cause les esprits faibles ou indécis. De tels sentiments devront nous mettre en garde contre leur impartialité. D'ailleurs, invoquent-ils le moindre argument sérieux au profit de leur thèse? On les chercherait en vain, et tout ce qu'ils croient avoir trouvé de plus piquant consiste à nous montrer le jeune étudiant en médecine cherchant fiévreusement l'âme sous le tranchant de son scalpel.

Il serait temps d'en finir avec une légende aussi ridicule qui a maintes fois détourné de la carrière médicale tels esprits cultivés, joignant au goût de l'étude les sentiments d'abnégation et de sacrifice que tout médecin doit avoir au fond du cœur, et qui lui constituent la plus belle des auréoles. Au moment de choisir sa carrière, le jeune homme entendait sa famille lui dire : Tout, plutôt que la médecine qui détruit la foi et mène à l'athéisme. Déconcerté, il fait son droit, sa pharmacie ou plutôt..... rien du tout, et la société compte un déclassé et un désœuvré de plus.

Mais examinons de près cette opinion, qui a jeté un discrédit malheureux sur les études médicales, et demandons-nous à quel moment le jeune étudiant va être exposé à perdre sa foi. A cet effet, suivons-le dans le cycle de ses études. Le voici d'abord au P. C. N. On lui enseigne les lois de la pesanteur, l'optique, la chaleur, l'électricité. Il apprend des formules chimiques et toute une série de réactifs, et il essaye de retenir tant mal que bien, plutôt mal, les particularités caractéristiques des divers groupes zoologiques ou botaniques. Or, qui oserait sérieusement prétendre que cet ensemble d'études forcément élémentaires et superficielles peut mettre en danger les croyances du pauvre écolier qui a à peine le temps de souffler, et qui n'a qu'une préoccupation, celle de passer en revue les divers numéros d'un programme très vaste que le jury impose à sa mémoire et dont il n'aura que des teintes très vagues? Il est vrai que tels de leurs maîtres, au début de leur carrière, s'étaient permis des insinuations fort déplacées contre le dogme catholique; mais de véhémentes protestations accueillirent leurs paroles et leur firent entendre que leur chaire était

une chaire de science et non de polémique religieuse. Ils n'ont, du reste, jamais perdu le souvenir d'une telle leçon qui, cette fois, avait été donnée par les élèves.

L'année suivante, l'étudiant commence sa dissection, et pendant deux années, durant une période de trois à quatre mois, il se rendra régulièrement tous les jours à la Faculté pour étudier sur place l'anatomie du corps humain. Est-ce à ce moment qu'il faudra placer la préoccupation de rechercher l'âme avec le concours de son bistouri? Ce serait lui faire une grossière injure que de lui supposer un seul instant la pensée que l'âme peut encore se dissimuler sous les muscles ou sous les viscères d'un cadavre en décomposition et dont la mort remonte à plusieurs jours. Quelque superficielles qu'aient été ses études de philosophie, il sait, en effet, que l'état de cadavre exclut par le fait même la présence de l'âme. Quelle douce hilarité nous aurait tous envahis si l'un de nos camarades, soulevant avec précaution le foie, l'estomac ou la rate, nous avait avoué qu'il poursuivait surtout l'âme et qu'il la recherchait derrière ces viscères! Non, la vérité est tout autre; l'étudiant cherche surtout à reconnaître ses muscles avec leurs points d'attache, le trajet des nerfs et des artères, la topographie générale de la région qu'il dissèque, en songeant tout bas que c'est peut-être celle qu'il aura à décrire à son examen d'anatomie. Sur les quatre-vingts ou cent étudiants groupés dans chaque pavillon de dissection, il n'en est certainement pas un, jouissant de l'équilibre de ses facultés, qui songe à trouver l'âme en disséquant le deltoïde ou le grand pectoral.

Nous n'avons pas l'intention de suivre l'étudiant en médecine dans les travaux pratiques de tout ordre qu'il est obligé de suivre; mais, soit qu'il dose de l'urée, soit qu'il procède, à l'hôpital, à l'examen de ses malades ou qu'il fasse une culture de diphtérie ou de tuberculose, qui croira sérieusement que de telles études pourront saper les bases de sa foi?

On ne peut nier cependant que, jadis surtout, nombreux étaient les médecins qui, au cours de leurs études, affectaient d'abandonner toute croyance. Si nous en cherchions la véritable raison, nous la trouverions peut-être, non pas dans la nature même des études médicales, mais bien plutôt dans une singulière manie qu'a toujours la jeunesse, de sacrifier à la mode courante. Avant d'entreprendre ses études, le jeune écolier avait tellement entendu raconter autour de lui que le médecin devait forcément être incrédule, qu'il se croyait obligé de le devenir lui-même, non par raisonnement et par conviction, mais par une sorte de persuasion faite de convention, de mollesse, et aussi..... de lâcheté! Quel étudiant en médecine d'il y a cinquante ans aurait osé avouer sans rougir qu'il entrait parfois dans une église pour s'y agenouiller et y faire sa prière?

Il y a, de nos jours, une tendance manifeste à réagir contre ce que l'on peut bien appeler un manque de courage. On sacrifie moins au convenu, et l'étudiant qui n'ose afficher ses convictions aussi bien politiques que religieuses tend à devenir une rareté, une exception. En d'autres termes, on pose moins devant la galerie, et celui qui veut perdre sa foi ou faire table rase de ses croyances religieuses se contente de les abandonner tout simplement, sans éprouver le besoin d'abriter sa nouvelle attitude sous le plus fallacieux des prétextes.

Mais si la médecine est ainsi tenue en une injuste suspicion, les mêmes esprits chagrins prononcent un anathème tout aussi injuste contre les sciences en général, et en particulier contre les sciences naturelles. Certes, nous aurions mauvaise grâce à nier qu'au siècle dernier quelques-uns des représentants ou des pontifes de la science officielle aient affecté de ne voir que la matière, et de ne croire qu'aux affinités chimiques. Nous ajouterons même qu'un certain nombre de leurs élèves, dans un but facile à saisir et n'excluant pas tout calcul intéressé, ont épousé les idées de leurs maîtres; mais combien de noms illustres n'aurions-nous pas à leur opposer, de savants universellement estimés qui ont exploré minutieusement tous les domaines de la science, en ont fait sortir les plus belles découvertes, et n'en sont pas moins restés fidèles à leurs croyances.

Parmi tous ces noms illustres, nous n'en citerons que quelques-uns : Pasteur, Carnoy, Gaudry, de Lapparent, Branly, etc.

Mais comment expliquer qu'on ait proposé des solutions si différentes au problème de la nature? Seuls, peut-être, ceux qui ont été admis dans l'intimité des..... chers maîtres pourront apporter quelque explication.

Il ne s'agit souvent que d'une affaire de

mode. Le jeune savant a tellement entendu dire qu'au laboratoire il fallait être affranchi de tout préjugé, et pour cela se tenir en dehors de toute croyance, qu'il ne se donne pas la peine de réfléchir un instant à ce qu'il peut y avoir d'excessif dans une telle conception. Aussi, croyant se mettre mieux en harmonie avec son milieu, il rejette loin du cœur les sentiments toujours respectables et parfois si délicats que nos mères y avaient déposés, et dont elles avaient, avec un soin jaloux, surveillé les premières manifestations.

Pour un grand nombre, du reste, une telle attitude est loin d'être exempte d'un calcul très intéressé. En affectant de faire table rase de ses croyances quand le maître est lui-même sinon irréligieux, du moins areligieux, on espère flatter son amour-propre et lui laisser croire à une communion d'idées plus intime. Il y sera sensible, et, le moment venu, il saura traduire sa protection autrement que par des paroles bienveillantes. Ah! quand on est au courant de ces petites..... faiblesses, on ne peut s'empêcher d'ébaucher un sourire quelque peu ironique quand on vient, sur un ton déclamatoire et avec des trémolos plein la voix, opposer la foi et la science, et déclarer sentencieusement que leur accord est désormais impossible.

Il est une autre raison qu'habituellement on n'avoue pas, et qui n'en est pas moins très décisive. Trop souvent, hélas! la pratique de la morale personnelle est en opposition absolue avec la morale découlant du dogme religieux, et celle-ci fait alors entendre sa voix par l'intermédiaire de ce témoin intime de nos actes qui est la conscience. On l'écoute au début d'une façon distraite, mais peu à peu sa voix formule des reproches plus cruels; dès lors, elle devient gênante, et, pour ne plus entendre son appel importun, on décide enfin de la supprimer en prétextant qu'elle nuit au progrès de la science.

Nous n'avons certes pas la prétention d'avoir détruit à tout jamais la légende de ce que nous avons nommé au début de ces lignes le matérialisme scientifique. Beaucoup répèteront encore que, par la nature même de leurs études, le médecin et le naturaliste doivent fatalement verser dans l'athéisme ou le matérialisme. Toutefois, nous avons bon espoir que ceux qui, dégagés de tout préjugé, voudront bien lire ces pages, acquerront comme nous la conviction que jamais le dogme religieux ne s'est opposé au progrès scientifique, et que la fréquentation du laboratoire n'amène nullement la perte de la foi.

IV. — La foi et la science.

Notre intention n'est pas d'exposer à nouveau cette vieille querelle entre la foi et la science; nous nous proposons seulement d'établir que le désaccord est tout superficiel, et qu'il n'existe surtout que dans l'esprit de ceux qu'un certain parti pris a amenés à proclamer que tout accord est impossible entre les données les plus sérieuses de la science et le récit biblique relatif à la création.

L'astronomie et la géologie étant, de toutes les sciences de la nature, celles qu'on a le plus souvent mises en conflit avec le récit mosaïque, il y a, à notre avis, bien des malentendus que nous allons essayer de dissiper, en nous aidant des travaux les plus récents de la science moderne.

A entendre les adversaires de toute vérité révélée, il y a, entre la foi catholique et la liberté de l'esprit humain, une hostilité nécessaire et même une incompatibilité absolue, et ils ajoutent que la foi et la liberté de l'esprit ne sauraient jamais s'embrasser franchement ni dans l'homme individuel ni dans la société, que toute tentative pour les réunir n'aboutit qu'à les faire vivre comme deux rivales sous le même toit, c'est-à-dire dans un état violent et précaire, jusqu'à ce que l'une des deux, venant à prévaloir, étouffe son ennemie pour régner seule et sans obstacle. En réalité, la raison profonde de cette opposition, entretenue avec soin par une philosophie perfide, est que la religion repose sur l'autorité, tandis que la liberté à laquelle l'esprit humain aspire suppose une action sans contrôle et ne relevant que d'elle-même. Rien d'étonnant, dès lors, si on a soutenu que tout essor de la science sera fatalement entravé, si celui qui la cultive veut, avant tout, ménager son orthodoxie. Cela ne revient-il pas à dire que toute recherche dans le domaine des sciences naturelles est interdite, sous peine de stérilité, à celui qui possède un idéal religieux et y conforme sa conduite?

En quoi consiste donc le progrès de ces branches importantes du savoir humain? Tout entières appliquées à l'étude de la nature, elles ont un double but que le P. Matignon, dont nous résumons l'argumentation, a fort bien expliqué :

1° Observer les faits et les classer;

2° En déduire les lois qui les régissent.

Adressons-nous maintenant à tout philosophe dépourvu de préjugés, et demandons-lui en quoi le respect qu'il porte à la Bible pourra gêner le croyant dans la première de ces opérations. Est-ce, par hasard, que Dieu lui défendrait de lire ce livre de la nature qu'il a ouvert devant nous, pour se faire connaître lui-même dans son ouvrage? Il y a assurément, dans la création, bien des pages ignorées dont les savants cherchent à pénétrer les secrets. Or, la religion n'est-elle pas la première à applaudir à tous les efforts qui sont faits pour les déchiffrer? Il y a cependant une double condition que la raison elle-même impose : d'abord que l'on prenne garde d'admettre comme un fait certain ce qui n'est encore qu'une simple hypothèse, et qu'ensuite on se garde de tirer des conclusions qui dépassent les données fournies par l'expérience. Peut-on, en réalité, formuler des réserves plus sages?

Un géologue découvre un ossement fossile qui, d'après des inductions certaines, lui permet de reconstituer le corps tout entier; voilà un fait. D'après la nature du terrain, il détermine l'époque à laquelle l'animal a vécu; ce ne sera peut-être plus déjà qu'une simple hypothèse. Si cette hypothèse ne contredit aucun fait certain, il pourra l'admettre comme un système plus ou moins probable, ou du moins comme une théorie dont la fausseté n'est pas démontrée. Mais si cette supposition se trouve en désaccord avec des faits indubitables, il est d'avance indiqué qu'elle repose sur un fondement qui n'a rien de solide.

Parfois, un conflit paraîtra s'élever entre la découverte scientifique et les croyances. Dans ce cas, l'opposition entre la science et la foi pourra tenir à deux causes : ou bien le fait est mal interprété, ou bien on attribue au texte biblique un sens qu'il n'a pas, et on exagère la portée de certaines expressions, en les prenant trop à la lettre.

Que d'exemples ne pourrait-on pas citer, montrant que la prétendue contradiction dérive toujours de l'une de ces sources! Qu'il nous suffise de rapporter le cas de Galilée, qu'on a si souvent reproché à l'Eglise en l'accusant d'intolérance.

Copernic, chanoine de la cathédrale de Frawembourg, après avoir longuement réfléchi sur les déplacements des corps célestes, croit devoir en conclure qu'on s'était trompé jusqu'à lui en ce qui concerne les mouvements de la terre et des astres. Après de longues hésitations, il publie son livre des *Révolutions des globes célestes,* destiné à produire lui aussi une révolution dans le monde intellectuel. Képler confirme le nouveau système par d'éclatantes découvertes, et Galilée s'en fait l'interprète. On sait les objections qu'il souleva. Ses idées, en effet, en étonnant les esprits, leur semblaient incompatibles avec la foi. Mais, à la suite d'un examen plus attentif, on acquit la conviction que, dans l'interprétation du texte sacré, comme dans l'observation des phénomènes naturels, on s'était laissé prendre aux apparences. L'Eglise n'avait jamais rien prononcé sur le fond de la question et le respect le plus profond pour l'Ecriture ne s'opposait nullement à l'adoption du nouveau système.

Comment, dès lors, qualifier l'attitude de ceux qui déclarent que l'Eglise romaine tient encore pour le système de Ptolémée? Elle ne l'a jamais adopté, pas plus qu'un autre. Il est vrai, les théologiens du Saint-Office, partageant l'erreur commune de leur temps, ont regardé comme une innovation dangereuse ce qui n'était apparemment qu'un pas vers la vérité, et s'ils ont formulé un reproche contre Galilée, c'est surtout de vouloir appuyer ses idées sur la parole de Dieu, tandis qu'elle reste étrangère à toutes les spéculations naturelles. C'est leur seul crime. Maintenant que le jour s'est fait sur cette question, on voit que le plus sage aurait été et sera toujours de mettre la Bible en dehors des discussions soulevées sur de semblables matières.

Somme toute, l'opposition apparente entre la Bible et l'astronomie moderne cesse d'elle-même, et tout esprit impartial se persuadera aisément qu'elle est faite d'équivoques, s'il veut bien se convaincre que Moïse n'a jamais parlé le langage scientifique. S'adressant aux foules, il lui fallait employer des expressions à la portée de tous. En outre, préoccupé uniquement d'établir une législation religieuse et politique, il ne devait avoir que faire des spéculations étrangères à son but, et sans importance pour le bien moral de l'homme. Désirant par-dessus tout être compris de la multitude qui ne saisit que les phénomènes tombant sous les sens, il adopte la seule langue intelligible pour elle, c'est-à-dire la langue vulgaire. Aussi, quand il parle du

soleil et de son mouvement, de la terre et de son immobilité, ce sont les phénomènes sensibles qu'il prétend décrire, sans intention de décider si la réalité est d'accord avec les apparences.

C'est dans le même esprit de large interprétation qu'il faut raisonner relativement aux prétendues objections soulevées par la géologie contre le premier chapitre de la Genèse. Quand les progrès des sciences naturelles firent découvrir les signes nombreux et non équivoques des diverses révolutions subies par notre globe, les encyclopédistes du XVIII[e] siècle en conclurent tout d'abord que la cosmogonie sacrée se trompait grossièrement; la terre était beaucoup plus ancienne que Moïse ne le supposait, et les êtres vivants, dont tant de générations avaient disparu, ensevelies dans les couches successives du sol, remontaient à une époque bien plus reculée que celle qui leur était assignée dans la Bible.

Ici encore, l'impossibilité prétendue de concilier les données de la science avec le récit biblique vient de ce qu'on s'était accoutumé à interpréter trop servilement le récit inspiré, au style souvent figuré, et qui porte dans tout son ensemble ce caractère de lyrisme, d'allure toute orientale, et d'ailleurs si fréquent dans la Genèse. Qu'a-t-on, en effet, cherché à lire dans les pages de la Bible? Une froide histoire, rapportant servilement des événements passés, et où chaque terme devait être pris à la lettre, dans son sens le plus strict. Ainsi, le mot jour ne pouvait, disait-on, signifier qu'un espace de vingt-quatre heures, bien que plusieurs de ces jours se soient écoulés avant la création du soleil. De tels commentaires, inspirés par un esprit aussi étroit que peu judicieux, ne pouvaient que rendre le texte de la première page des Ecritures absolument incompréhensible; mais l'exégèse catholique a fait justice d'une telle interprétation, et considère les jours du récit génésiaque comme autant de périodes d'une durée indéterminée.

Beaucoup d'explications ont été tentées pour montrer que, dans les divers détails de son récit, le premier chapitre de la Genèse est en parfaite harmonie avec les découvertes scientifiques les plus récentes. Les uns supposent qu'il s'est écoulé un intervalle considérable entre la création du ciel et de la terre rapportée au premier verset, et l'organisation de l'univers, dont le récit peut se lire au début du second. Là, dans une successionnedéfinie de siècles, ils placent toutes les révolutions dont la géologie retrouve les souvenirs. D'autres déclarent que les six jours de la narration biblique ne sont autre chose qui six grandes époques, dans lesquelles il est aisé de retrouver l'ensemble des faits géologiques, et dans le même ordre que la science les constate. Par ailleurs, n'oublions point que ce n'est pas une leçon scientifique que Moïse a voulu donner. Il a parlé des origines du monde à peu près comme les prophètes nous parlent de sa fin, procédant par tableaux saisissants, indiquant le caractère général de l'œuvre et ses phases principales, plutôt que de s'astreindre à un ordre rigoureux et de descendre aux moindres détails, visant avant tout à donner une idée juste de l'ensemble, et à en faire ressortir l'unité de plan et d'exécution.

Dans son *Traité de géologie*, Beudant, venant à parler de l'apparition des organismes, s'exprime ainsi : « Quant à la création organique, elle se partage en quatre époques successives. La première établit la vie végétative, qui se manifeste non seulement dans les plantes, mais encore dans ces animaux inférieurs, où l'on trouve à peine autre chose que les phénomènes de nutrition, d'accroissement, etc. Vient ensuite la vie de relation, où la sensibilité, l'instinct, l'intelligence, la volonté se joignent successivement, en diverses proportions, aux phénomènes de pure existence. Cette vie nouvelle prend d'abord un certain développement dans les Poissons (comprenant sans doute les Reptiles), puis dans les Oiseaux, qui constituent ensemble la seconde époque de la création. Elle acquiert une nouvelle extension dans les Mammifères, qui paraissent à une troisième époque, et enfin elle parvient au plus haut degré dans l'homme, qui termine l'œuvre du Tout-Puissant en recevant une âme à son image pour le distinguer de tous les animaux. »

Si la Bible ne gêne pas le géologue qui se livre à l'étude des faits, et s'abstient de vaines hypothèses, elle n'entrave pas non plus les études du naturaliste qui sait se renfermer dans les justes limites que la raison lui impose, et qui ne doivent pas dépasser le domaine de l'observation et de l'expérimentation. Quelle est, en effet, la méthode de travail que doit s'imposer l'observateur de la nature sous peine d'aboutir souvent à des conclusions

erronées? On peut la résumer en quelques lignes : enregistrer les faits livrés par l'expérience, les analyser, les classer et en déduire les lois générales auxquelles ces phénomènes sont assujettis. De ce travail, le seul légitime, le seul qui convienne aux sciences expérimentales, non seulement la foi ne peut avoir rien à redouter, mais elle sera la première à l'encourager dans le champ de ses investigations. Il n'en serait plus ainsi, si cette même science voulait bâtir des systèmes *a priori*, et se donner libre carrière dans le vaste champ des hypothèses. Alors, seulement, il pourrait arriver qu'elle heurtât de front quelqu'une de nos croyances les plus solidement établies, et qu'elle se trouvât en conflit avec la morale ou le dogme. Mais, dans ce cas, est-ce la foi qui est sortie de son domaine, ou plutôt n'est-ce pas la science qui a quitté le sien? La réponse ne saurait être douteuse.

Mais enfin, dira-t-on, quelle conduite tenir si jamais un fait était prouvé scientifiquement, tandis que, d'autre part, il serait en contradiction avec la Bible? Le croyant répondra que c'est là une hypothèse chimérique, et il en a pour garant tout le passé, puisque jamais pareille opposition n'a existé jusqu'à ce jour. A cet égard, quel exemple plus frappant que la lutte de Pouchet et de Pasteur! Le premier pensait avoir obtenu des générations spontanées, c'est-à-dire l'apparition d'êtres sans germes préexistants, et il en tirait des conclusions contraires à la foi. Tout semblait lui donner raison; mais, après l'entrée en scène de Pasteur, Pouchet et ses disciples auraient-ils pu se flatter d'avoir la vérité pour eux? Oui, on a pu quelquefois s'y tromper, prendre pour certain ce qui ne l'était pas, ou pour contradictoires des assertions parfaitement conciliables; mais, de toutes les théories en opposition avec le récit biblique, il n'en est pas une seule qui soit restée debout devant la lumière progressivement croissante de la science.

Ce serait peut-être le moment de passer en revue les divers problèmes qui ont mis aux prises la religion et la science, et d'en discuter les solutions proposées, essayant d'en montrer les concordances possibles. Nous laissons à d'autres le soin de cette étude d'ensemble, et nous envisagerons seulement le premier chapitre de la Genèse, qui a suscité de si nombreuses polémiques que nous n'avons pas, du reste, la prétention de clore.

Existe-t-il une concordance réelle entre les jours de la création et les phénomènes naturels reconnus par la science? Certes, de nombreuses tentatives de conciliation ont été faites, mais plusieurs ont dû être abandonnées. Voici, à notre avis, la concordance qui nous paraît la plus sage et dont le mérite revient à un prêtre de Saint-Sulpice de très grand talent, l'abbé Vigouroux. En la reproduisant, nous y apporterons quelques modifications légères, inspirées par les travaux les plus récents des sciences paléontologiques.

Nous donnons d'abord la traduction française du texte hébreu, et nous l'empruntons à l'excellent ouvrage de l'abbé Guibert : *les Origines*.

1. Au commencement, Elohim créa les cieux et la terre.

2. Or, la terre était informe et nue.

Il y avait des ténèbres à la surface de l'abîme.

Et l'esprit d'Elohim planait à la surface des eaux.

I

3. Elohim dit: « Qu'il y ait de la lumière. »

Et il y eut de la lumière.

4. Elohim vit que la lumière était bien.

Elohim sépara la lumière d'avec les ténèbres.

5. Et Elohim nomma la lumière jour et les ténèbres nuit.

Il y eut soir et il y eut matin: premier jour.

II

6. Elohim dit: « Qu'il y ait un firmament entre les eaux, et qu'il soit une séparation entre les eaux et les eaux. »

Et il en fut ainsi.

7. Elohim fit donc le firmament et sépara les eaux qui sont au-dessous du firmament des eaux qui sont au-dessus du firmament.

8. Et Elohim nomma le firmament ciel.

Elohim vit que le firmament était bien.

Il y eut un soir et il y eut un matin: deuxième jour.

III

9. Elohim dit: « Que les eaux qui sont sous le ciel se rassemblent en un même lieu et que le sec apparaisse. »

Et il en fut ainsi.

Et les eaux qui sont sous le ciel se rassemblèrent en une même masse, et le sec apparut.

10. Elohim nomma le sec terre, et nomma mer le rassemblement des eaux.

Et Elohim vit que cela était bien.

11. Elohim dit: « Que la terre produise de la verdure, de l'herbe portant semence selon

son espèce, et des arbres fruitiers portant du fruit selon leur espèce, ayant en lui leur semence sur la terre.

Et il en fut ainsi.

12. Et la terre produisit de la verdure, de l'herbe portant semence selon son espèce, et des arbres donnant du fruit ayant en lui leur semence selon leur espèce.

Et Elohim vit que cela était bien.

13. Il y eut soir et il y eut matin : troisième jour.

IV

14. Elohim dit : « Qu'il y ait des luminaires dans le firmament des cieux pour distinguer le jour d'avec la nuit; qu'ils servent de signes et pour les époques, et pour les jours, et pour les années.

15. » Et qu'ils servent de luminaires dans le firmament des cieux pour luire sur la terre. »

Et il en fut ainsi.

16. Elohim fit donc les deux grands luminaires; le plus grand pour présider au jour, le plus petit luminaire pour présider à la nuit, et aussi les étoiles.

17. Et Elohim les plaça dans le firmament des cieux pour luire sur la terre et pour présider au jour et à la nuit.

18. Et pour distinguer la lumière des ténèbres.

Et Elohim vit que cela était bien.

19. Il y eut soir et il y eut matin : quatrième jour.

V

20. Elohim dit : « Que les eaux pullulent d'une multitude d'êtres vivants, et que les volatiles volent au-dessus de la terre à la surface du firmament des cieux. »

Et il en fut ainsi.

21. Elohim créa donc les grands monstres marins et toutes sortes d'êtres animés rampants dont pullulent les eaux selon leurs espèces, et toutes sortes de volatiles ailés selon leurs espèces.

Et Elohim vit que cela était bien.

22. Elohim les bénit en disant : « Soyez féconds, multipliez-vous et remplissez les eaux des mers, et que les volatiles se multiplient sur la terre. »

23. Il y eut soir et il y eut matin : cinquième jour.

VI

24. Elohim dit : « Que la terre produise des êtres vivants selon leurs espèces : bétail, êtres rampants et bêtes de la terre selon leurs espèces. »

Et il en fut ainsi.

25. Elohim fit donc les bêtes de la terre selon leurs espèces, du bétail selon son espèce, et tous les êtres qui rampent sur le sol suivant leurs espèces.

Et Elohim vit que cela était bien.

26. Elohim dit : « Faisons l'homme à notre image, conformément à notre ressemblance, et qu'il domine sur les poissons de la mer, sur les volatiles des cieux, sur le bétail, sur toute bête de la terre et sur tout être rampant qui rampe sur la terre. »

27. Elohim créa l'homme à son image.

A l'image d'Elohim il le créa.

Mâle et femelle il les créa.

28. Elohim les bénit et Elohim leur dit : « Soyez féconds, multipliez-vous, remplissez la terre et l'assujettissez. Dominez sur les poissons de la mer, sur les volatiles des cieux, et sur toute bête qui rampe sur la terre. »

29. Et Elohim dit : « Voici, je vous donne toute herbe à graine qui est à la surface de toute la terre et tout arbre à fruit portant semence; telle sera votre nourriture.

30. » Et à tout animal terrestre, et à tout volatile des cieux, et à tout être rampant sur la terre qui ait souffle de vie, je donne toute herbe verte en nourriture. »

Et il en fut ainsi.

31. Et Elohim vit que tout ce qu'il avait fait était très bien. Il y eut soir et il y eut matin : sixième jour.

VII

1. Alors furent achevés le ciel et la terre et toute leur ordonnance.

2. Elohim acheva au sixième jour l'œuvre qu'il avait voulu faire.

Et au septième il se reposa de tout l'œuvre qu'il avait voulu faire.

3. Elohim bénit le septième jour et le consacra, parce qu'en ce jour-là il avait cessé l'œuvre entier de sa création.

4. Telles sont les origines du ciel et de la terre.

Pour l'intelligence du récit biblique, nous allons résumer l'œuvre de la création en isolant la pensée des développements qui l'entourent ou des répétitions qui lui enlèvent de sa concision.

Au début, Elohim créa le ciel et la terre, mais cette terre était encore dans un état chaotique et ténébreux.

Voici, maintenant, l'œuvre des six jours.

Le premier jour, Elohim créa la lumière.

Le second jour, Il sépara les eaux supérieures des eaux inférieures par le firmament.

Le troisième jour, Il sépare les mers des continents et crée les végétaux.

Le quatrième jour, Il crée les astres qui ornent le jour et la nuit.

Le cinquième jour, Il crée les monstres aquatiques et les volatiles.

Le sixième jour, Il crée les animaux terrestres et enfin l'homme.

SUPERPOSITION DES TERRAINS AU-DESSUS DU NOYAU CENTRAL IGNÉ

Le septième jour, Elohim se repose.

A la suite du récit de la création, tel que nous l'expose la Genèse, nous allons donner un aperçu de la formation de l'univers d'après les données les plus récentes de la géologie et des sciences qui s'y rattachent.

Au début, existait une immense nébuleuse dont les molécules, très ténues et animées d'un mouvement de rotation, s'échauffent par suite de leur frottement, et finiront plus tard par s'enflammer et constituer le soleil.

Mais la force centrifuge, conséquence du mouvement de rotation, a déjà détaché de la nébuleuse primitive des fragments considérables continuant à tourner sur eux-mêmes, et qui passeront par les mêmes stades. C'est ainsi que se formera la terre et l'ensemble des planètes.

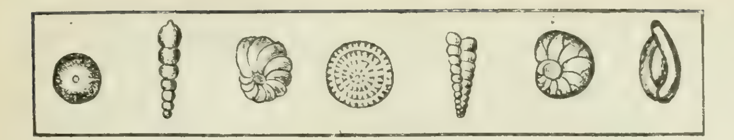
La terre, d'abord nébuleuse, puis incandescente, et représentant à cet état une masse liquide en fusion, s'en croûte peu à peu. Dès lors, les vapeurs qui l'entourent, séparées du centre calorifique par une mince pellicule, se condensent et la recouvrent d'océans aux eaux acides et brûlantes, ne permettant aucune trace de vie. L'atmosphère, remplie d'épaisses vapeurs, est encore plongée dans les ténèbres.

Cette conception de l'origine du monde n'est qu'une hypothèse imaginée par Laplace et à peu près universellement acceptée pour expliquer scientifiquement la formation de l'univers. C'est une hypothèse, c'est-à-dire une supposition à laquelle nous pouvons fort bien ne pas adhérer sans manquer pour cela de logique, et qui, du reste, a été souvent combattue comme faisant une part trop grande à l'imagination et à la fantaisie. On ne peut, en effet, la concevoir qu'à une double condition :

1° Que la nébuleuse primitive ait été créée ;

2° Qu'elle ait été animée d'un mouvement giratoire.

Dans ces conditions, si la conception de Laplace était en opposition avec le préambule du récit de la Genèse, on serait mal venu à les opposer l'un à l'autre et à donner plutôt son adhésion à un système qui n'est encore qu'une hypothèse. Mais tel n'est pas le cas



FORAMINIFÈRES DE L'ÈRE PRIMAIRE
VIVANT EN TRÈS GRAND NOMBRE DANS LES MERS DE CETTE ÉPOQUE

ici; car, en lisant loyalement le préambule de la Genèse et le système de Laplace, on acquiert bien vite la conviction qu'il y a entre eux la plus parfaite concordance, surtout si l'on veut accepter que l'expression ciel pourrait très bien désigner les espaces occupés par la nébuleuse.

Quant à l'œuvre des six jours, nous ne voyons aucune difficulté à accepter une concordance dont nous allons tracer les grandes lignes.

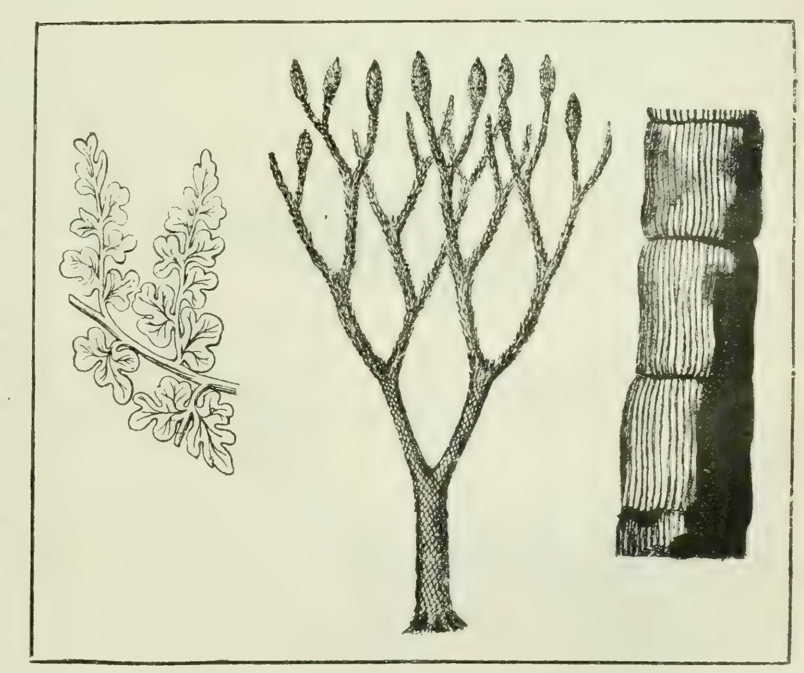
Mais, auparavant, indiquons les grandes assises géologiques avec leurs principales subdivisions.

Au premier jour, jour de la création de la lumière, correspond l'ère primitive représentée par le terrain archéen où la vie n'a commencé à se montrer qu'à l'étage supérieur. Durant cette ère, l'atmosphère s'épure et permet à la lumière de se produire, bien que les rayons du soleil ne parvinssent pas encore jusque sur la terre.

Le deuxième jour a lieu la séparation des eaux supérieures et des eaux inférieures par le firmament. Nous plaçons au second jour la première partie de l'ère primaire, durant laquelle la croûte terrestre s'étant épaissie, les vapeurs d'eau se condensent plus abondamment et épurent l'atmosphère. Il s'établit ainsi une sorte de séparation entre les nuages et les eaux terrestres. Entre les eaux supérieures et inférieures, c'est-à-dire entre les eaux terrestres et les nuages, se trouve l'air pur, qui, par son épaisseur, prend l'aspect d'une voûte solide ou firmament. Déjà des êtres vivants pullulent dans les océans, et si le récit biblique n'en fait pas mention, nous croyons en avoir exposé les motifs dans les pages précédentes.

Le troisième jour se produit la séparation des mers et des continents, et apparaissent les végétaux. C'est à ce jour que nous rapportons la seconde partie de l'ère primaire. Une série de plissements (huronien, calédonien, hercynien) qui ont lieu à cette époque constituent les chaînes de montagnes et les continents, tandis que les eaux se retirent dans les dépressions limitées par les continents émergés.

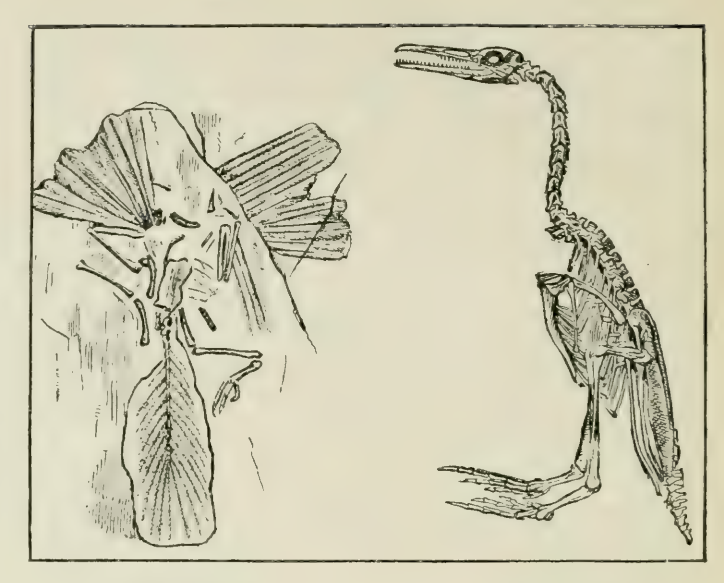
Après l'émersion des continents, la terre ferme se recouvre d'une végétation des plus luxuriantes. On sait, en effet, qu'à l'époque carboniférienne, les plantes terrestres (Cryp-



Feuille de Fougère. (Sphenoptenis.) — Lepidodendron avec épis sporifères. — Tige de Calamite.

FLORE DU CARBONIFÈRE

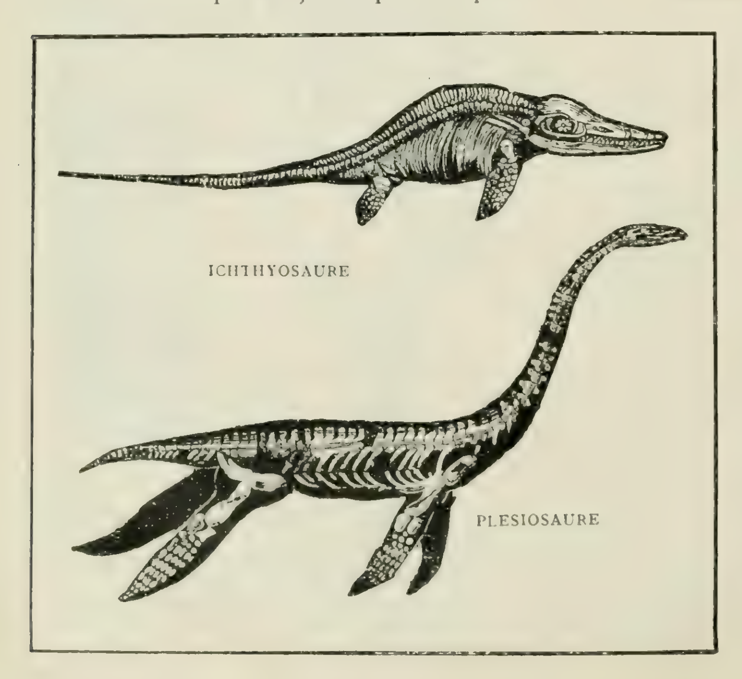
togames) sont en telle abondance, qu'elles ont formé de riches dépôts de houille.



ARCHŒOPTERYX HESPORORNIS

La Bible nous apprend que les astres qui ornent le jour et la nuit furent créés le quatrième jour. C'est à cette quatrième période qu'il convient de placer la fin de l'ère primaire et le début de l'ère secondaire. En réalité, le soleil et tous les autres astres durent être créés le premier jour, consacré à la création de la lumière ; mais, jusque-là, l'atmosphère épaisse empêchait les rayons lumineux de pénétrer jusqu'à la terre. Désormais, grâce à une épuration plus complète de l'atmosphère, les astres sont rendus visibles, et on assiste à une succession régulière des jours et des nuits. Alors seulement le soleil paraît durant le jour, la lune et les étoiles durant la nuit.

Au cinquième jour eut lieu la création des monstres aquatiques et des volatiles. Cette affirmation de la Genèse nous paraît fort bien coïncider avec la période jurassique et la période crétacée de l'ère secondaire. C'est à ces périodes, en effet, qu'il faut placer le règne des grands Reptiles : *Ichthyosaures, Plesiosaures, Diplodocus, Atlantosaurus, Brontosaurus,* etc..... C'est également à cette époque que l'on trouve les premiers Oiseaux fossiles : *Archœopteryx, Ichthyornis, Hesperornis.* Donc, sur ce point, concordance parfaite entre les données de la foi et celles de la science.



ICHTHYOSAURE

PLESIOSAURE

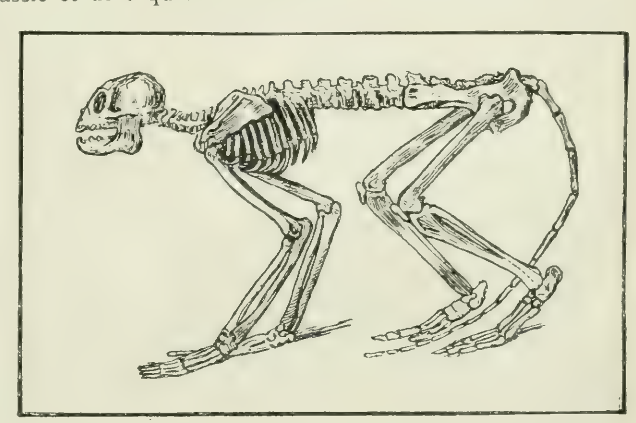
Le jour suivant, toujours d'après la Bible, fut réservé à la création des animaux terrestres. A cet égard, on peut encore établir la plus admirable concordance. Nous voici, en effet, dans l'ère tertiaire, et, à cette époque, les découvertes paléontologiques nous apprennent que les Mammifères se sont développés sur les continents. Déjà, au Crétacé, après les Oiseaux, on trouve quelques Mammifères inférieurs, voisins des Masurpiaux : *Microlestes, Plagiaulax.* Mais le règne des Mammifères trouve son véritable épanouissement à

l'ère tertiaire. C'est là qu'apparaissent de grands Proboscidiens : le *Mastodonte*, le *Dinotherium* et l'*Eléphant méridional;* — des Pachydermes, dont on a voulu faire les ancêtres du Cheval actuel, car ils établissent tous les stades de transition entre la forme primitive à cinq doigts et la forme actuelle à un seul doigt; ce sont : *Coryphodon, Lophiodon, Acerotherium, Palæotherium, Anchiterium, Hipparion,* et le genre *Equus;* — des Porcins, des Ruminants, des Carnassiers, et enfin des Singes, tels que *Mesopithecus, Dryopithecus, Pliopithecus.*

C'est aussi à la fin de cette période, correspondant toujours au sixième jour, que le récit biblique place la création de l'homme, alors qu'au point de vue paléontologique nous entrons désormais dans l'ère quaternaire. Mais ici encore entière concordance avec les documents scientifiques les plus récents. L'homme, en effet, fait son apparition au quaternaire, et tous les débris fossiles trouvés jusqu'ici ne font que confirmer cette opinion. Il est bien démontré, en effet, que la mâchoire de Mauer, la calotte de Néanderthal, la mâchoire de la Naulette, le crâne de Gibraltar, les deux crânes de Spy sont du quaternaire, aussi bien que les squelettes de la Ferrassie et de la Chapelle-aux-Saints. Nous en dirons tout autant de la dent, de la calotte crânienne et du femur de *Pithecanthropus erectus,* trouvés à Java en 1890 par le Dr Eugène Dubois. Il paraît bien démontré, en effet, que ces débris fossiles appartiennent au Quaternaire inférieur.

DINOTHÉRIUM

Nous voici enfin parvenus au septième jour, jour de repos pour le Créateur, d'après la Genèse. Or, la paléontologie nous apprend que, depuis l'apparition de l'homme, l'univers est resté relativement stable, malgré les modifications de certains reliefs. Certes, parmi les espèces quaternaires, certaines ont complètement disparu, comme *Elephas antiquus, Elephas primigenius, Rhinocéros tichorinus, Cervus megaceros,* ainsi que les grands Edentés de la faune américaine; — d'autres ont émigré vers des pays plus froids ou plus chauds, comme l'Elan, le Glouton, le Renne, l'Hippopotame, l'Eléphant, le Lion, etc.; — d'autres enfin ont persisté dans nos régions. Toutefois, depuis la création de l'homme, au début du quaternaire, aucun type nouveau de Mammifère n'a apparu, et si, par suite de diverses influences, des variations ont eu lieu, personne n'a jamais osé soutenir qu'on avait vu apparaître des genres nouveaux, et seule l'école transformiste se flatte d'avoir assisté à la naissance d'espèces nouvelles. Mais est-elle bien sûre de n'avoir pas fait confusion entre les espèces et les races? En tout cas, elle s'est toujours gardée de donner des limites bien nettes à ces deux cases des classifications zoologiques, et beaucoup d'esprits indépendants, même parmi les disciples de Darwin, commencent à trouver qu'on les a un peu trop multipliées. On conviendra, en effet, qu'à la base de toute classification il faut autre



MESOPITHECUS OU MIOCÈNE

chose que du mauvais vouloir, du caprice ou de la fantaisie.

Certes, nous ne nous flattons pas d'avoir aplani toutes les difficultés élevées par les savants contre le premier chapitre de la Genèse; mais si l'on veut bien se rapporter aux observations faites au début du présent chapitre à propos des expressions employées par Moïse, et se rappeler que, du moment qu'il écrivait pour la multitude, il devait adopter le langage populaire intelligible à tous, on demeurera convaincu qu'une heureuse concordance peut être établie entre les découvertes scientifiques et l'ensemble des croyances religieuses.

Si donc, à l'avenir, la foi et la science peuvent paraitre en désaccord, quelle sera la ligne de conduite du savant, soucieux de son orthodoxie, et également respectueux des droits de la science ?

Sachant que bien des fois, hélas! dans les sciences expérimentales, la vérité d'aujourd'hui est souvent l'erreur de demain, il devra, à notre avis, se tenir à lui-même ce langage : — Le conflit ne peut et ne doit être qu'apparent. Ou bien le fait allégué ne repose pas sur des preuves suffisantes, ou bien le texte de l'Ecriture a reçu une interprétation inexacte.

Enfin, si deux faits paraissent établis, l'un scientifiquement, l'autre théologiquement, nous ne commencerons pas par rejeter le premier en faveur du second ou inversement; mais, sans parti pris, et repoussant d'avance toute opinion préconçue, nous ferons porter nos recherches sur chacun d'eux, tout en songeant qu'il y a certainement une conciliation possible que nous ne comprenons peut-être pas encore, mais que des études plus approfondies ne tarderont pas à dévoiler.

RÉSUMÉ

En entreprenant ces recherches, nous avons eu surtout pour but d'étudier la question de l'origine de la vie. Est-elle le simple résultat d'un ensemble de réactions chimiques, comme l'avait dit Lavoisier, ou est-elle la conséquence d'un acte créateur? En tout cas, comme la manifestation vitale la plus élémentaire a pour point de départ une cellule, nous avons tenu à exposer les principales théories relatives à l'origine de la cellule.

Mais, auparavant, il nous a paru utile de résumer nos connaissances actuelles sur la structure de la cellule. Comment, en effet, le biologiste tout aussi bien que le philosophe auraient-ils pu aborder avec fruit l'étude des différentes théories relatives à l'origine de la vie, s'ils n'avaient pas eu tout d'abord quelques notions précises sur la constitution de la cellule et sur la suite des phases que présente le phénomène de sa reproduction?

Une cellule présente à étudier : le protoplasma, la membrane cellulaire, le noyau, les nucléoles, le centrosome et les sphères attractives. Chacun de ces éléments a été étudié dans un paragraphe spécial, et nous nous sommes surtout préoccupés de bien établir nos connaissances actuelles sur cet ensemble de questions. Nous n'aurions, toutefois, qu'une idée incomplète des éléments cellulaires, si nous ne connaissions pas également leur constitution chimique, telle du moins que l'état actuel de la science nous permet de la concevoir. Voilà pourquoi nous avons examiné les constituants chimiques de la cellule, ainsi que les constituants organiques, que nous avons ramenés à quatre principaux : le glycogène, la cholestérine, les lécithines et les protéides.

En outre, pour pouvoir poursuivre avec fruit l'étude de la cellule, il faut avant tout posséder une bonne technique, consistant surtout à bien connaître les fixateurs à employer, et les colorants qui permettent les meilleures lectures. Bien que les techniques réputées les plus parfaites ne soient jamais à l'abri de quelque critique, celle dont nous avons exposé les détails et que nous avons suivie dans nos recherches nous a paru la plus recommandable. C'est, d'ailleurs, celle d'Henneguy, et de tous ceux qui s'occupent de cytologie fine.

Dans la seconde partie du travail ont été abordées les questions ayant trait plus spécialement à l'origine de la vie. Nous avons d'abord exposé les conceptions anciennes relatives à la formation du monde. La première en date est l'école d'Ionie, dont le premier axiome est que rien ne peut naître du néant, que rien de ce qui est ne peut s'anéantir, et que tout commencement d'être n'est qu'un changement.

A cette école succède l'école atomistique d'Abdère, qui se distingne de la précédente en ce qu'elle admet non plus un seul, mais une multitude d'éléments premiers qui ne sont qu'une infinité d'atomes qui se groupent

de mille manières, réalisant ainsi l'infinie variété des êtres.

Nous avons ensuite consacré quelques pages à l'idéalisme de l'école d'Elée et aux doctrines d'Epicure et de Lucrèce.

Dans un chapitre consacré aux premières manifestations vitales, la question des conditions nécessaires à l'apparition de la vie a été abordée, et nous nous sommes demandé quels pouvaient être les premiers représentants de la vie aux époques paléontologiques. Après avoir conclu que le premier être vivant devait être une cellule, nous avons tenu à pousser plus loin notre analyse, et, après avoir isolé les deux éléments essentiels de la cellule, c'est-à-dire le protoplasma et le noyau, nous avons voulu étudier leur rôle respectif dans ce phénomène si complexe qu'est la vie. La recherche des premières manifestations vitales nous a tout naturellement amené à exposer en détail la question du *Bathybius*, des Protistes d'Hæckel et de la génération spontanée. Le chapitre se termine par la théorie des Cosmozoaires de Richter, par celle de la préexistence de la matière vivante imaginée par Preyer, et enfin par celle de Pflüger, qui fait remonter la vie à la formation du cyanogène aux origines du monde.

Le chapitre suivant pourrait s'intituler : Essai de réalisation de la cellule expérimentale. On y trouvera, en effet, les essais qui ont été tentés pour reproduire expérimentalement la cellule, et, parmi ceux-ci, une place spéciale doit être réservée à la cellule artificielle de Stéphane Leduc et à la plasmogénèse de Herrera. Nous ne nous sommes pas contenté d'un simple exposé de ces recherches; mais, à la suite des paragraphes qui leur ont été consacrés, nous avons essayé de démontrer que les biologistes qui avaient espéré réaliser la synthèse de la cellule avaient été victimes d'une illusion, et avaient pris pour des réalités de simples conceptions de leur esprit.

Dans un travail consacré à l'origine de la vie, on ne pouvait passer sous silence les belles expériences de J. Lœb sur les fécondations artificielles, qui ont servi de prétexte aux adversaires du dogme de la création, pour déclarer que la vie n'était qu'un ensemble de réactions physico-chimiques. Avec une loyauté à laquelle on voudra bien rendre hommage, nous avons tenu à ne rien omettre de ces curieuses recherches, et nous espérons avoir démontré que, quelque intérêt qu'elles puissent présenter, on serait mal venu à les invoquer pour prétendre que la chimie seule suffit pour expliquer l'origine de la vie.

Enfin, dans un dernier chapitre, nous avons tenu à prouver qu'il n'existe pas de fait scientifique qui s'oppose à la conception d'un acte créateur de la cellule. La science doit, avant tout, rechercher la vérité, et ceux qui prétendent que le savant est et doit être athée lui adressent une injure gratuite. Pour nous, le savant doit, avant tout, être loyal. Aussi, avons-nous essayé d'en finir avec cette légende du matérialisme scientifique, opposant la foi et la science, et prétendant que tout accord est impossible. Abordant ensuite plus particulièrement la question du récit biblique relatif à l'œuvre de la création, nous avons entrepris de démontrer que le prétendu conflit avec les sciences géologiques et l'astronomie n'existait que dans l'esprit de ceux qui, au laboratoire, ont le tort grave de conserver leur parti pris et leurs préjugés.

CONCLUSION

Les recherches précédentes ont été faites en toute indépendance et avec la plus scrupuleuse loyauté. Aussi avons-nous rejeté d'avance certains procédés blâmables à tous égards, qui consistent à passer sous silence tous les arguments gênants, ou bien à les traiter par un dédain vraiment trop commode.

Relativement à l'origine de la cellule, il n'y a que trois hypothèses possibles:

Ou bien elle a apparu spontanément.

Ou bien elle est la résultante de certaines affinités chimiques.

Ou bien elle est le produit d'un acte créateur.

De ces trois hypothèses, les deux premières ont été examinées avec soin au cours de notre travail, et nous avons été amenés à des conclusions absolument négatives. Que la cellule n'ait pu apparaître spontanément, cela ressort des admirables travaux de Pasteur et de toute l'école pasteurienne, et quel que soit le retour offensif de Bastian dans ces dernières années, il n'est pas un biologiste qui oserait soutenir aujourd'hui que des microorganismes peuvent apparaître spontanément dans un milieu préalablement stérile.

Nous avons démontré également que toutes les tentatives pour reproduire artificiellement

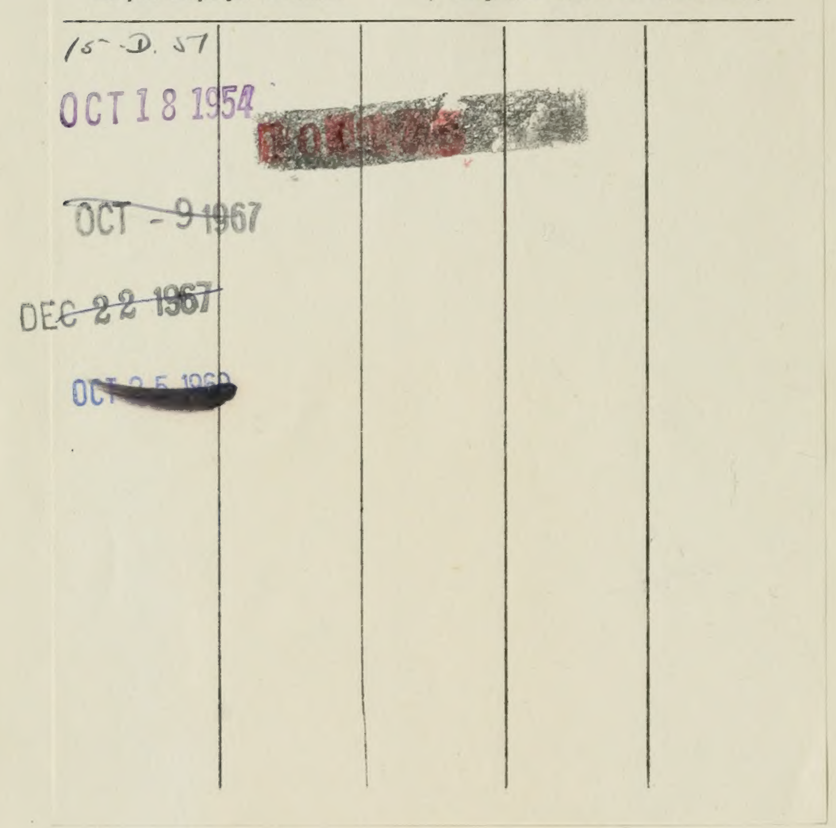
la cellule étaient restées infructueuses. Et cependant, quelle habileté n'a-t-on pas déployée pour varier les expériences et les rendre positives! Grâce aux progrès de la chimie, on a poussé jusqu'à ses dernières limites l'analyse de la cellule, mais jamais, jusqu'ici, on n'a pu en faire la synthèse, et si on a pu parfois obtenir des composés chimiques ayant sous le microscope un vague aspect cellulaire, il manquait à ces pseudo-cellules le plus important des éléments, c'est-à-dire la vie.

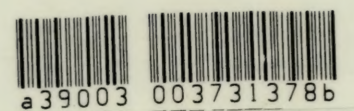
Mais si la cellule n'a pas apparu spontanément, si elle n'est pas la résultante de certaines affinités chimiques, il faut bien admettre que son apparition suppose un acte créateur produit par un être intelligent à qui nous devons rapporter l'origine de la vie, et aussi l'origine du monde.



TABLE DES MATIÈRES

381-11. — Imprimerie P. Feron-Vrau, 3 et 5, rue Bayard, Paris, 8e.




a39003 003731378b

